HAL open science

La conception codisciplinaire de métaressources comme appui à l'évolution des connaissances des professeurs de sciences : les connaissances qui guident un travail de préparation pour engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures

Michèle Prieur

To cite this version:

Michèle Prieur. La conception codisciplinaire de métaressources comme appui à l'évolution des connaissances des professeurs de sciences : les connaissances qui guident un travail de préparation pour engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Education. Université de Lyon, 2016. Français. ⟨NNT : 2016LYSE1063⟩. ⟨tel-01364778v2⟩

HAL Id: tel-01364778

https://hal.science/tel-01364778v2

Submitted on 7 Nov 2016

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

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

Autorisation HAL

HAL Authorization

N°d'ordre NNT : 2016LYSE1063

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON

opérée au sein de

l'Université Claude Bernard Lyon 1

Ecole Doctorale N° 485

Éducation, Psychologie, Information et Communication

Spécialité de doctorat : didactique des sciences

Soutenue publiquement le 02/06/2016, par :

Michèle PRIEUR

La conception codisciplinaire de métaressources comme appui à l'évolution des connaissances des professeurs de sciences

Les connaissances qui guident un travail de préparation pour engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures

---

Devant le jury composé de :

CARIOU Jean-Yves, Maître de Conférences, Université des Antilles, co-directeur de thèse

GRANGEAT Michel, Professeur des Universités, Université Joseph Fourier Grenoble, rapporteur

GUEUDET Ghislaine, Professeure des Universités, Université de Bretagne Occidentale, rapporteure

PEPIN Birgit, Professeure, Technische Universiteit Eindhoven, Pays-Bas, examinatrice

SIMON Jonathan, Maître de Conférences HDR, Université Claude Bernard Lyon 1, examinateur

TROUCHE Luc, Professeur des Universités, Ecole normale supérieure de Lyon, directeur de thèse

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1

Président de l'Université	**M. François-Noël GILLY**
Vice-président du Conseil d'Administration	M. le Professeur Hamda BEN HADID
Vice-président du Conseil des Etudes et de la Vie Universitaire	M. le Professeur Philippe LALLE
Vice-président du Conseil Scientifique	M. le Professeur Germain GILLET
Directeur Général des Services	M. Alain HELLEU

COMPOSANTES SANTE

Faculté de Médecine Lyon Est – Claude Bernard	Directeur : M. le Professeur J. ETIENNE
Faculté de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud – Charles Mérieux	Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON
Faculté d'Odontologie	Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS
Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques	Directeur : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA
Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation	Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON
Département de formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine	Directeur : Mme. la Professeure A-M. SCHOTT

COMPOSANTES ET DEPARTEMENTS DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Faculté des Sciences et Technologies	Directeur : M. F. DE MARCHI
Département Biologie	Directeur : M. le Professeur F. FLEURY
Département Chimie Biochimie	Directeur : Mme Caroline FELIX
Département GEP	Directeur : M. Hassan HAMMOURI
Département Informatique	Directeur : M. le Professeur S. AKKOUCHE
Département Mathématiques	Directeur : M. le Professeur Georges TOMANOV
Département Mécanique	Directeur : M. le Professeur H. BEN HADID
Département Physique	Directeur : M. Jean-Claude PLENET
UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives	Directeur : M. Y.VANPOULLE
Observatoire des Sciences de l'Univers de Lyon	Directeur : M. B. GUIDERDONI
Polytech Lyon	Directeur : M. le Professeur E.PERRIN
Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique	Directeur : M. G. PIGNAULT
Institut Universitaire de Technologie de Lyon 1	Directeur : M. le Professeur C. VITON
Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education	Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE
Institut de Science Financière et d'Assurances	Directeur : M. N. LEBOISNE

Remerciements

Ces années de thèse représentent un long parcours semé de découvertes, de doutes, de satisfactions, d'embûches et de rencontres. Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à vous tous qui, d'une façon ou d'une autre, m'avez aidé dans ce parcours.

Merci à Luc Trouche et Jean-Yves Cariou d'avoir encadré ce travail, merci Luc pour ce suivi de tous les instants, ta réactivité, tes conseils, tes apports scientifiques, merci Jean-Yves pour tes réflexions en épistémologie des sciences, merci pour votre soutien.

Merci à Ghislaine Gueudet, Michel Grangeat, Birgit Pépin et Jonathan Simon qui me font l'honneur d'être membre du jury.

Merci à toute l'équipe EducTice pour ce travail collaboratif que nous avons conduit depuis plusieurs années et qui a continué à éveiller mon intérêt pour la recherche en éducation. J'adresse un remerciement particulier à Gilles Aldon, Réjane Monod-Ansaldi et Eric Sanchez pour nos réflexions et travaux partagés sur les démarches d'investigation et sur la codisciplinarité, réflexions qui m'ont conduit à m'engager dans cette étude. Merci à Catherine Loisy pour sa relecture des références bibliographiques de ce manuscrit.

Merci Billy, Fiana, Filomène, Mathide et Mathieu de m'avoir accueilli dans votre collège, j'espère vous avoir apporté un peu, vous m'avez apporté beaucoup.

Merci Claire pour ton aide à la mise en forme des annexes, merci René pour ta relecture « naïve » et essentielle.

Merci à Baptiste et Colas pour votre curiosité intellectuelle qui m'a poussé à avancer avec vous sur le parcours de vos études, et un très grand merci à toi, Patrick qui m'a soutenu sans faille et sans relâche à chaque instant !

Résumé

Les curriculums de sciences donnent aujourd'hui une place croissante aux démarches d'investigation, impliquant des professeurs de différentes disciplines scientifiques. La mise en œuvre de telles démarches suppose que les professeurs conçoivent des situations d'enseignement engageant les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures.

Nous articulons des approches épistémologique, didactique et ergonomique pour étudier les connaissances qui permettent à ces professeurs de concevoir de telles situations. Pour cette étude, nous faisons deux choix critiques : le choix du moment de la conception, en privilégiant celui de la préparation des situations ; le choix du contexte de conception, en privilégiant le cadre d'un collectif de professeurs de mathématiques, de sciences physiques et de sciences de la vie et de la Terre.

Nous étudions les interactions à l'intérieur du collectif et leurs effets sur des évolutions des connaissances qui permettent la préparation des situations d'enseignement. Les interactions étudiées sont les interactions sociales entre les professeurs et les interactions entre les professeurs et les ressources partagées par le collectif.

L'analyse de ces interactions met en évidence l'influence de deux leviers sur les évolutions des connaissances étudiées. Le premier est la conception de ressources spécifiques que nous appelons métaressources : les métaressources sont des ressources suscitant une posture réflexive sur l'activité à conduire ou sur ses effets. Le deuxième est la codisciplinarité comme forme de travail collectif. La codisciplinarité privilégie la coopération entre les disciplines, en respectant et en articulant les épistémologies de chacune d'entre elles

Mots clés

travail collectif, codisciplinarité, ressource, métaressource, interaction, démarche d'investigation, hypothèse, conjecture.

The codisciplinary design of metaresources as a support for developing sciences teachers knowledge

The teacher knowledge guiding her lesson preparation for supporting students in elaborating hypotheses and conjectures

Abstract

Sciences curricula give nowadays an increasing place to enquiry based learning methods involving teachers of different disciplines. The implementation of such approaches supposes that teachers develop teaching situations that engage students in a process of elaborating hypotheses and conjectures. We articulate epistemological, didactical and ergonomic approaches in order to study the knowledge that allows teachers to design such learning situations. We make two crucial choices in this study : the choice of the design period, focusing on the time of learning situations design; the choice of the design context, focusing on a collective of teachers in mathematics, physics and sciences of life and Earth.

We study within this group the interactions between teachers and their consequences, in term of evolution of knowledge, that allows teaching situations to develop. The interactions that the study focuses on are social interactions between teachers and interactions between teachers and shared resources within the group. The analysis of these interactions show evidence about the influence of two levers that concern the evolution of studied knowledge. The first is the conception of specific resources that we call metaresources: metaresources are resources that lean to a reflexive position regarding the activity itself or its effects. The second is the concept of co-disciplinarity as a form of collective work. Co-disciplinarity favours cooperation between disciplines, keeping and articulating each particular epistemology.

Keywords

collective work, co-disciplinarity, ressource, metaresource, interaction, enquiry based learning, hypothesis, conjecture.

Intitulé et adresse du laboratoire

S2HEP (Sciences et Société ; Historicité, Education et Pratiques), EA 4148, Université Claude Bernard – Lyon 1, Bâtiment « La Pagode », 38 boulevard Niels Bohr, Campus de la Doua, 69622 Villeurbanne.

Sommaire court

INTRODUCTION **18**

1. CONTEXTE ET DELIMITATION DE LA RECHERCHE **20**

1.1. UNE ETUDE PREALABLE DES REPRESENTATIONS PROFESSIONNELLES SUR LES DEMARCHES D'INVESTIGATION 20
1.2. UNE DELIMITATION DE LA RECHERCHE 21

2. ANALYSES PREALABLES **24**

2.1. LES HYPOTHESES ET LES CONJECTURES 24
2.2. LE TRAVAIL DE PREPARATION 44
2.3. LE TRAVAIL COLLECTIF ENSEIGNANT 49
2.4. LES CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES DES ENSEIGNANTS 57
2.5. VISEES DE LA RECHERCHE 61

3. CADRAGE THEORIQUE DE LA RECHERCHE **62**

3.1. L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DU DIDACTIQUE 62
3.2. LES METARESSOURCES DU WP_{HC} 70
3.3. MODELE OPERATIF ET SAVOIR-PROCESSUS 77
3.4. LA PROBLEMATISATION 83
3.5. ARTICULATION DES CADRES THEORIQUES ET QUESTION DE RECHERCHE 94

4. UN CADRE ET DES OUTILS D'ANALYSE DU *SENS* D'UN WP_{HC} **98**

4.1. TROIS AXES D'ANALYSE DU SENS D'UN WP_{HC} 98
4.2. UNE MODELISATION DE LA STRUCTURE CONCEPTUELLE 101
4.3. UNE MODELISATION DE LA TACHE EXPERTE CONTEXTUALISEE 102

5. METHODOLOGIE DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNEES **104**

5.1. UNE INGENIERIE D'INVESTIGATION REFLEXIVE 104
5.2. UNE REALISATION D'INVESTIGATION REFLEXIVE 122
5.3. EVALUATION DE LA PARTICIPATION DES PROFESSEURS 161
5.4. ANALYSE DU MODELE OPERATIF QUI ORIENTE UN WP_{HC} 170
5.5. CONCLUSION SUR LA METHODOLOGIE 179

6. ANALYSE DES GENESES DOCUMENTAIRES AU SEIN DU COLLECTIF **181**

6.1. ANALYSE DE LA PARTICIPATION DES PROFESSEURS 181
6.2. ANALYSE DES RESSOURCES SELECTIONNEES ET PRODUITES AU COURS D'UN WP_{HC} 201

7. ANALYSE DES EVOLUTIONS DU MODELE OPERATIF DE MATHIEU 223

7.1. LA SITUATION DE TRAVAIL DE MATHIEU 223
7.2. LES RESSOURCES DE MATHIEU EN 2013 ET 2014 233
7.3. MODELISATION DE LA TACHE EXPERTE CONTEXTUALISEE 243
7.4. EVOLUTIONS DES SAVOIRS-PROCESSUS 250
7.5. EVOLUTIONS DU MODELE OPERATIF ORIENTANT LE WP_{HC} DE MATHIEU 284

8. RESULTATS ET DISCUSSION 296

8.1. UN RETOUR SUR LES PROPOSITIONS THEORIQUES, METHODOLOGIQUES ET CONCEPTUELLES 296
8.2. RETOUR SUR LA QUESTION DE RECHERCHE 302
8.3. OUVERTURE DE NOUVELLES PISTES 305
RÉFÉRENCES 307
ANNEXES 319

Sommaire complet

INTRODUCTION **18**

1. CONTEXTE ET DELIMITATION DE LA RECHERCHE **20**

1.1. UNE ETUDE PREALABLE DES REPRESENTATIONS PROFESSIONNELLES SUR LES DEMARCHES D'INVESTIGATION 20
1.2. UNE DELIMITATION DE LA RECHERCHE 21

2. ANALYSES PREALABLES **24**

2.1. LES HYPOTHESES ET LES CONJECTURES 24
2.1.1. Les démarches hypothético-déductives 24
2.1.1.1. Le choix d'une terminologie 24
2.1.1.2. Les prescriptions relatives aux hypothèses et conjectures 25
2.1.1.3. L'approche hypothético-déductive en sciences et mathématiques 27
2.1.2. Problèmes, hypothèses et de conjectures 28
2.1.3. Elaboration d'hypothèses ou de conjectures 32
2.1.4. Mise à l'épreuve des hypothèses et conjectures 38
2.1.4.1. Le test des hypothèses et conjectures 38
2.1.4.2. Le statut des savoirs scientifiques et mathématiques 41
2.1.5. Les activités scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures 43
2.2. LE TRAVAIL DE PREPARATION 44
2.2.1. Une dialectique processus-produit 44
2.2.2. Le travail de préparation, une activité à part entière 45
2.2.2.1. Une activité reconnue par l'institution et les professeurs 45
2.2.2.2. Une activité reconnue par la recherche en éducation 46
2.2.3. Une activité complexe 47
2.3. LE TRAVAIL COLLECTIF ENSEIGNANT 49
2.3.1. Travail collectif, collectifs et conceptualisations des enseignants 49
2.3.2. Travail collectif et démarches d'investigation 51
2.3.3. Travail collectif entre les disciplines 52
2.3.3.1. Freins et leviers agissant sur le travail collectif entre disciplines 53
2.3.3.2. La codisciplinarité comme forme de travail collectif entre disciplines 55
2.4. LES CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES DES ENSEIGNANTS 57
2.4.1. Vers une reconnaissance de la complexité des connaissances des enseignants 57
2.4.2. Apports et limites des travaux de Shulman 58
2.4.3. Les apports de la didactique professionnelle 58
2.5. VISEES DE LA RECHERCHE 61

3. CADRAGE THEORIQUE DE LA RECHERCHE **62**

3.1. L'APPROCHE DOCUMENTAIRE DU DIDACTIQUE 62
3.1.1. Genèse documentaire et développement professionnel 62

3.1.2. Les ressources et leur organisation 65
3.1.2.1. Système documentaire et système de ressources 65
3.1.2.2. La diversité des ressources d'un travail documentaire 66
3.1.3. Les aspects collectifs des genèses documentaires et des genèses professionnelles 68
3.2. LES METARESSOURCES DU WP_{HC} 70
3.2.1. Les instruments, objets de médiation 70
3.2.2. Le WP_{HC}, une activité médiatisée par des ressources 71
3.2.3. Des métaressources pour soutenir les conceptualisations 72
3.2.3.1. Les médiations à composante épistémique du WP_{HC} 73
3.2.3.2. Développement du concept de métaressource 74
3.2.3.3. Des productions codisciplinaires de métaressources 76
3.3. MODELE OPERATIF ET SAVOIR-PROCESSUS 77
3.3.1. Une modélisation des connaissances professionnelles 77
3.3.1.1. Les savoirs-processus 77
3.3.1.2. Le modèle opératif 80
3.3.1.3. Les savoirs-processus et le modèle opératif pour l'étude du travail documentaire 81
3.3.2. Caractérisation des indices d'un savoir-processus 82
3.4. LA PROBLEMATISATION 83
3.4.1. Contexte et fondement du cadre de la problématisation 83
3.4.2. Approche épistémologique de la problématisation 85
3.4.3. Approche didactique de la problématisation 89
3.4.4. La problématisation : un cadre articulant le spécifique et le générique entre les disciplines 93
3.5. ARTICULATION DES CADRES THEORIQUES ET QUESTION DE RECHERCHE 94
3.5.1. Articulation des cadres théoriques mobilisés 94
3.5.2. Question et hypothèse de la recherche 95
3.5.3. Une contribution au programme de recherche ReVEA 96

4. UN CADRE ET DES OUTILS D'ANALYSE DU *SENS* D'UN WP_{HC} 98

4.1. TROIS AXES D'ANALYSE DU SENS D'UN WP_{HC} 98
4.1.1. Le sens d'un WP_{HC} 98
4.1.2. La référence d'un WP_{HC} 99
4.1.3. La signification d'un WP_{HC} 99
4.1.4. La manifestation d'un WP_{HC} 100
4.2. UNE MODELISATION DE LA STRUCTURE CONCEPTUELLE 101
4.3. UNE MODELISATION DE LA TACHE EXPERTE CONTEXTUALISEE 102

5. METHODOLOGIE DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNEES 104

5.1. UNE INGENIERIE D'INVESTIGATION REFLEXIVE 104
5.1.1. La méthodologie d'ingénierie didactique 104
5.1.1.1. L'ingénierie didactique « pour la connaissance » versus « pour l'usage » 105
5.1.1.2. L'ingénierie didactique comme forme de travail didactique 105
5.1.1.3. L'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche 106

5.1.1.4. Une ingénierie didactique pour notre recherche 108
5.1.2. La méthodologie d'investigation réflexive 112
5.1.2.1. L'investigation réflexive pour l'étude du travail documentaire 112
5.1.2.2. L'instanciation de la méthodologie d'investigation réflexive à notre recherche 114
5.1.3. Une ingénierie d'investigation réflexive 116
5.1.3.1. Articulation d'une ingénierie didactique et d'une investigation réflexive 116
5.1.3.2. Des difficultés à susciter la participation des professeurs 116
5.1.3.3. Des conditions à la participation de professeurs à la recherche 117
5.1.3.4. Prendre part, contribuer et bénéficier 118
5.1.3.5. Des principes pour stimuler la participation des professeurs 120
5.1.4. Conclusion portant sur la méthodologie de recueil des données 121
5.2. UNE REALISATION D'INVESTIGATION REFLEXIVE 122
5.2.1. La constitution d'un collectif codisciplinaire 122
5.2.1.1. L'intérêt professionnel porté par la réalisation 122
5.2.1.2. Favoriser l'émergence d'un collectif 123
5.2.2. Les profils initiaux des professeurs et du collectif 129
5.2.2.1. Vers un modèle de profil d'un professeur 129
5.2.2.2. Le contexte d'enseignement du collectif 131
5.2.2.3. Le profil initial des professeurs 132
5.2.2.4. Le profil initial du collectif 136
5.2.3. Les outils de la réalisation d'investigation réflexive 136
5.2.3.1. La typologie des outils de la réalisation 136
5.2.3.2. Les écrits descriptifs et réflexifs 138
5.2.3.3. Les temps collectifs 141
5.2.3.4. Les questionnaires et entretiens 144
5.2.3.5. Un espace numérique au service des outils méthodologiques 146
5.2.3.6. Bilan sur les outils méthodologiques 148
5.2.4. La conception de métaressources codisciplinaires 149
5.2.4.1. Modalités de production des métaressources 150
5.2.4.2. Une production codisciplinaire de métaressources génériques 152
5.2.4.3. Une production codisciplinaire de métaressources disciplinaires 155
5.2.5. La posture du chercheur 156
5.2.5.1. Des outils et des tâches proposés et négociés 156
5.2.5.2. Des interactions codisciplinaires stimulées, mais non nourries 159
5.2.5.3. La réception de la posture du chercheur par le collectif 160
5.3. EVALUATION DE LA PARTICIPATION DES PROFESSEURS 161
5.3.1. Des outils d'évaluation de la participation 161
5.3.2. Evaluer le « Prendre part » 162
5.3.3. Evaluer les contributions 162
5.3.3.1. Outils méthodologiques 163
5.3.3.2. Analyses des contributions effectuées sous forme de commentaires 163
5.3.4. Evaluer les bénéfices retirés 165
5.3.4.1. Principes et outils méthodologiques 165
5.3.4.2. Evaluer les bénéfices orientés par la réalisation 166
5.3.4.3. Evaluer les bénéfices orientés par le collectif 168

5.4. ANALYSE DU MODELE OPERATIF QUI ORIENTE UN WP_{HC} 170
5.4.1. Délimitation du champ d'étude 170
5.4.1.1. Délimitation des analyses 170
5.4.1.2. Choix du corpus analysé 171
5.4.2. Analyse des savoirs-processus du modèle opératif 172
5.4.2.1. Identification des éléments constitutifs d'un savoir-processus 172
5.4.2.2. Analyse des évolutions des savoirs-processus 176
5.4.3. Analyse du modèle opératif et de ses évolutions 178
5.5. CONCLUSION SUR LA METHODOLOGIE 179

6. ANALYSE DES GENESES DOCUMENTAIRES AU SEIN DU COLLECTIF 181

6.1. ANALYSE DE LA PARTICIPATION DES PROFESSEURS 181
6.1.1. Des professeurs qui prennent part à la réalisation 181
6.1.2. Des professeurs qui contribuent 185
6.1.3. Des professeurs qui bénéficient du collectif 190
6.1.3.1. Des bénéfices orientés par la réalisation 190
6.1.3.2. Des bénéfices orientés par le collectif 194
6.1.3.3. Un sentiment de satisfaction 198
6.1.3.4. Conclusion sur les bénéfices retirés par les professeurs 199
6.1.4. Conclusion sur la participation des professeurs 200
6.2. ANALYSE DES RESSOURCES SELECTIONNEES ET PRODUITES AU COURS D'UN WP_{HC} 201
6.2.1. Les ressources mères sélectionnées 201
6.2.1.1. Les ressources mères pointées comme essentielles 201
6.2.1.2. Les repères des MRG 205
6.2.2. Les ressources produites : MRD et ressources filles 208
6.2.2.1. Le niveau de l'explicitation des MRD 209
6.2.2.2. Les constituants des ressources filles 211
6.2.2.3. Comparaisons des MRD et des ressources filles 215
6.2.3. Les genèses documentaires codisciplinaires effectives 218
6.2.3.1. Modélisation du WPHC au sein du collectif 218
6.2.3.2. Variation des modalités de production des MRD au sein du collectif 220

7. ANALYSE DES EVOLUTIONS DU MODELE OPERATIF DE MATHIEU 223

7.1. LA SITUATION DE TRAVAIL DE MATHIEU 223
7.1.1. Le contexte du WP_{HC} 223
7.1.1.1. Le thème disciplinaire et les niveaux scolaires 223
7.1.1.2. Le calendrier 224
7.1.2. Le travail collectif de Mathieu 225
7.1.2.1. Une collaboration avec Mathilde 225
7.1.2.2. Les interactions codisciplinaires 227
7.1.3. Les MRG susceptibles d'instrumenter le travail de préparation 227
7.1.3.1. La MRG 2013 228

7.1.3.1. La MRG 2014 229
7.2. LES RESSOURCES DE MATHIEU EN 2013 ET 2014 233
7.2.1. Les ressources mères essentielles qui soutiennent le WP_{HC} 233
7.2.1.1. La ressource mère essentielle du WP_{HC} en 2013 234
7.2.1.2. Les ressources mères essentielles du WP_{HC} en 2014 237
7.2.2. Ressources filles produites 238
7.2.3. Modélisation du WP_{HC} de Mathieu 241
7.3. MODELISATION DE LA TACHE EXPERTE CONTEXTUALISEE 243
7.3.1. Caractériser la référence 243
7.3.2. Attribuer une signification 246
7.3.3. Soutenir la manifestation 247
7.4. EVOLUTIONS DES SAVOIRS-PROCESSUS 250
7.4.1. Dimension critique « Choisir un problème » 251
7.4.1.1. SP : « Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture » 251
7.4.1.2. SP « Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème» 254
7.4.2. Dimension critique « Analyser le savoir de référence » 255
7.4.2.1. SP « Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence » 255
7.4.2.2. SP contribuant à une analyse épistémologique du savoir de référence 257
7.4.3. Dimension critique « Analyser les savoirs sur les données et les conditions » 260
7.4.4. Dimension critique « Construire un scénario » 262
7.4.4.1. SP « savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer» 262
7.4.4.2. SP contribuant au positionnement du problème 265
7.4.4.3. SP contribuant à amener les élèves à conjecturer 270
7.4.5. Dimension critique « Soutenir la manifestation » 278
7.5. EVOLUTIONS DU MODELE OPERATIF ORIENTANT LE WP_{HC} DE MATHIEU 284
7.5.1. Analyse de la consolidation du modèle opératif 284
7.5.2. Analyse des évolutions de l'organisation du modèle opératif 285
7.5.3. Analyse des évolutions du sens du WP_{HC} 287
7.5.3.1. Evolutions de la référence du WP_{HC} 287
7.5.3.2. Evolutions de la signification du WP_{HC} 288
7.5.3.3. Evolutions de la manifestation du WP_{HC} 290
7.5.4. Analyse d'effets du collectif sur les évolutions du modèle opératif 292
7.5.4.1. Effets du collectif sur les éléments constitutifs des savoirs-processus 292
7.5.4.2. Effets du collectif sur le sens du WP_{HC} 292

8. RESULTATS ET DISCUSSION 296

8.1. UN RETOUR SUR LES PROPOSITIONS THEORIQUES, METHODOLOGIQUES ET CONCEPTUELLES 296
8.1.1. D'un point de vue théorique 296
8.1.2. D'un point de vue méthodologique 298
8.1.3. D'un point de vue conceptuel 299
8.1.3.1. les notions de métaressource et co-métaressource 299
8.1.3.2. Des ressources immatérielles et mémorielles 301
8.1.3.3. Une ressource pivot du travail de préparation : la « fiche d'activité » 302
8.2. RETOUR SUR LA QUESTION DE RECHERCHE 302

8.2.1. Des genèses codisciplinaires de métaressources 302
8.2.2. Une évolution du modèle opératif qui oriente un WP_{HC} 303
8.2.3. Le domaine de validité de la recherche 304
8.3. OUVERTURE DE NOUVELLES PISTES 305
8.3.1. Pour la recherche 305
8.3.2. Pour des dispositifs de formation/formation-recherche innovants 305
RÉFÉRENCES 307
ANNEXES 319

Annexes

1. QUESTIONNAIRES 319

1.1. QUESTIONNAIRE INITIAL 319
1.2. QUESTIONNAIRE DE REGULATION 324

2. LES METARESSOURCES DISCIPLINAIRES (MRD) 329

2.1. AIDE A LA LECTURE DES MRD 329
2.2. LES MRD DE MATHIEU 329
2.2.1. LES MRD DE LA SITUATION S DE MATHIEU ET MATHILDE 329
2.2.1.1. MRDétape $_1$ de Mathieu 329
2.2.1.2. MRD$_{étape\ 2}$ de Mathieu 336
2.2.1.3. MRD$_{étape3}$ de Mathieu 338
2.2.2. MRD' DE LA SITUATION S' DE MATHIEU 343
2.3. LES MRD DE MATHILDE 350
2.3.1. MRD$_{ETAPE\ 3}$ DE LA SITUATION S DE MATHILDE 350
2.3.2. MRD' DE LA SITUATION S' DE MATHILDE 361
2.4. LES MRD DE FIANA 366
2.4.1. MRD DE LA SITUATION S DE FIANA 366
2.4.1.1. MRD$_{étape\ 1}$ de Fiana 366
2.4.1.2. MRD$_{étape\ 2}$ de Fiana 374
2.4.1.3. MRD$_{étape\ 3}$ de Fiana 379
2.4.2. MRD' DE LA SITUATION S' DE FIANA 387
2.5. MRD DE BILLY 389
2.5.1. MRD DE LA SITUATION S DE BILLY 389
2.5.1.1. MRD$_{étape\ 1}$ de la situation S de Billy 389
2.5.1.2. MRD$_{étape\ 2}$ de la situation S de Billy 393
2.5.1.3. MRD$_{étape\ 3}$ de la situation S de Billy 397
2.5.2. MRD' DE LA SITUATION S' DE BILLY 400

3. LE RECUEIL DES RE-SOURCES 405

3.1. DESCRIPTION DES ITEMS 405
3.2. LE RECUEIL DES RE-SOURCES DE MATHIEU 405
3.2.1. REVISION MRG3 405
3.2.2. REVISION MRG4 408
3.3. LE RECUEIL DES RE-SOURCES DE MATHILDE 409
3.3.1. REVISION MRG 3 409
3.3.2. REVISION MRG 4 410
3.4. LE RECUEIL DES RE-SOURCES DE MATHILDE 411
3.4.1. REVISON MRG3 411

3.4.2. REVISION MRG 4 413
3.5. LE RECUEIL DE RE-SOURCES DE BILLY 416
3.5.1. REVISIONS MRG3 416
3.5.2. REVISIONS MRG4 418

4. GRILLE D'ANALYSE DE LA SITUATION S DE MATHIEU 419

4.1. GRILLE D'ANALYSE DU PROFESSEUR CONCEPTEUR - MATHIEU 419
4.2. GRILLE D'ANALYSE DU PROFESSEUR OBSERVATEUR – MATHILDE 420
4.3. GRILLE D'ANALYSE DU PROFESSEUR OBSERVATEUR – FIANA 421
4.4. GRILLE D'ANALYSE DU PROFESSEUR OBSERVATEUR – FILOMENE 422

5. JOURNAL DES APPORTS DU COLLECTIF 423

5.1. LES ITEMS DU JOURNAL 423
5.2. JOURNAL DES APPORTS DU COLLECTIF DE MATHIEU 424
5.2.1. PERIODE DECEMBRE 2012 - MARS 2014 424
5.2.2. PERIODE MARS 2014 - JUIN 2014 427
5.3. JOURNAL DES APPORTS DU COLLECTIF DE MATHILDE 429
5.3.1. PERIODE DECEMBRE 2012- MARS 2014 429
5.3.2. PERIODE DE MARS 2014 A JUIN 2014 431
5.4. JOURNAL DES APPORTS DU COLLECTIF DE FIANA 434
5.4.1. PERIODE DECEMBRE 2012- MARS 2014 434
5.4.2. PERIODE MARS 2014- JUIN 2014 436
5.5. JOURNAL DES APPORTS DU COLLECTIF DE BILLY 442
5.5.1. PERIODE DECEMBRE 2012 - MARS 2014 442
5.5.2. PERIODE DE MARS 2014 - JUIN 2014 444

6. TRANSCRIPTIONS DES ENTRETIENS PRE-SEANCE 446

6.1. TRANSCRIPTIONS DES ENTRETIENS DE MATHIEU 446
6.1.1. ENTRETIEN PRECEDENT LA SITUATION S EN 2013 446
6.1.2. ENTRETIEN PRECEDENT LA SITUATION S EN 2014 451
6.1.3. EXTRAIT DE TRANSCRIPTION PRECEDENT LA SITUATION S' 455
6.2. EXTRAITS DE L'ENTRETIEN PRE-SEANCE DE MATHILDE (SITUATION S EN 2013) 456

Introduction

Le questionnement de cette recherche prend sa source dans notre expérience personnelle relative aux démarches d'investigation en sciences. Nous identifions trois facteurs importants dans la construction de ce questionnement.

Le premier facteur est lié à nos expériences du travail collectif entre professeurs de mathématiques, de sciences physiques et chimiques (SPC) et de sciences de la vie et de la Terre (SVT) pour la conduite de démarches d'investigation. Il s'agit d'une part de notre participation, en tant que professeur, à un collectif codisciplinaire, et d'autre part de notre collaboration, en tant que chercheur, avec des professeurs ayant adopté cette forme de travail collectif. Dans un cas comme dans l'autre nous avons ressenti des effets de la codisciplinarité sur le développement professionnel des enseignants impliqués. Nous voulions mettre à l'épreuve ce constat empirique.

Le second facteur est la conduite d'une enquête (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011) sur les *représentions professionnelles* des professeurs de mathématiques, de SVT, de SPC et de technologie associées à ces démarches. Les représentations professionnelles constituent une forme de connaissance collectivement construite, d'un objet saillant dans le champ de l'activité professionnelle, elles orientent et régulent l'action (Bataille, Blin, Jacquet-Mias, & Piaser, 1997). L'enquête visait ainsi à mieux comprendre les représentations des professeurs relatives aux démarches d'investigation en recherchant des points communs et des spécificités entre les disciplines de façon à identifier des freins et des leviers à une coordination entre les disciplines. Or la méthodologie utilisée nous a limitée aux déclarations des professeurs. Notre objectif était en conséquence de prolonger cette recherche en étudiant, non plus les représentations professionnelles susceptibles d'orienter l'action, mais les *connaissances professionnelles* qui sont en jeu dans l'activité, celles qui permettent d'agir en situation.

Le troisième facteur source de notre questionnement conjugue notre participation à différentes recherches collaboratives mettant en jeu des productions de ressources pour l'enseignement, avec notre engagement dans le programme de recherche ReVEA (Ressources vivantes pour l'enseignement et l'apprentissage, ANR 2013)[1] qui étudie le travail des professeurs pour/avec des ressources. Ces recherches, de façon directe ou indirecte, questionnent le travail des professeurs avec des ressources. Notre objectif a été de mieux comprendre les apports du cadre théorique de *l'approche documentaire du didactique* (Gueudet & Trouche, 2010a) pour de telles recherches,

[1] http://anr-revea.fr/

autrement dit, de nous intéresser à l'activité des professeurs et au produit de leur activité, et en considérant les interactions entre les professeurs et les ressources comme essentielles.

Cette recherche s'inscrit de façon plus globale dans une période marquée par des évolutions profondes des enseignements scientifiques : des évolutions curriculaires préconisant une plus grande coordination des disciplines et des démarches fondées sur l'investigation ; des apports du numérique qui métamorphosent les ressources des professeurs ; et liées à ces évolutions, l'essor de nouvelles formes de collectifs de travail et de formation.

Ces contextes nous ont conduits à nous intéresser à une activité spécifique des professeurs : leur *travail de préparation* pour la conduite de démarches d'investigation et aux connaissances professionnelles qui permettent de conduire cette activité. Un travail de préparation est une activité au cours de laquelle les professeurs sont en prise directe avec une diversité de ressources pour concevoir la matière de l'enseignement. Cette activité constitue une part essentielle du travail enseignant. Or, son déroulement, hors de la classe, fait qu'elle est souvent ignorée, que ce soit par les professeurs, l'institution ou la société. Nous interrogeons les connaissances professionnelles qui sont en jeu dans cette activité et leurs évolutions possibles :

- comment étudier ces connaissances ? Comment apprécier leurs évolutions ?
- quelles sont les évolutions possibles, en quoi ces évolutions favorisent-elles un travail de préparation plus efficace ?
- quelles sont les conditions susceptibles de favoriser ces évolutions : quel est l'effet du travail collectif ? En quoi la codisciplinarité est-elle une forme de travail favorable ? Comment outiller ce travail collectif ? Comment dynamiser le travail des professeurs avec leurs ressources ?

Notre étude a pour objectif de définir un cadre d'analyse et une méthodologie pour éclairer les questions de recherche qui seront retenues.

Le manuscrit est structuré en huit parties. La première partie précise le contexte et délimite l'objet de l'étude (§ 1). Dans la partie deux, des analyses préalables permettent d'explorer les objets de la recherche et d'identifier des conditions favorables au développement des connaissances étudiées (§ 2). Le cadrage théorique permettant d'articuler une approche ergonomique, didactique et épistémologique pour l'étude des connaissances professionnelles et de leurs effets sur l'activité est présenté dans la partie trois que nous concluons par la formulation de notre question de recherche (§ 3). Les parties quatre et cinq présentent le cadre d'analyse (§ 4) et la méthodologie spécifique (§ 5) que nous avons développés pour répondre à notre question de recherche. La partie six est consacrée à l'analyse du travail de préparation des professeurs du collectif étudié (§ 6), tandis que la partie sept est réservée à l'analyse fine de l'évolution des connaissances de l'un des professeurs du collectif (§ 7). Nous terminons dans la partie huit en discutant les apports et les limites de notre recherche (§ 8).

1. Contexte et délimitation de la recherche

Nous précisons dans cette partie le contexte qui est à l'origine de notre étude sur les *représentations professionnelles des professeurs* sur les démarches d'investigation et présentons en quoi cette étude a motivé notre recherche (§ 1.1), et a contribué à délimiter ses contours (§ 1.2)

1.1. Une étude préalable des représentations professionnelles sur les démarches d'investigation

L'enquête que nous avons conduite sur les *représentations professionnelles des professeurs* sur les démarches d'investigation s'inscrit dans le contexte international des réformes curriculiares de l'enseignement des sciences.

A partir des années 1990, un enseignement scientifique fondé sur l'investigation, et un rapprochement des disciplines pour une mise en synergie des enseignements scientifiques, se sont imposés dans les curricula de nombreux pays (Coquidé, 2008 ; Robine, 2009). Dans cette perspective, en France une *démarche d'investigation* et des *prescriptions communes* aux *mathématiques, SPC, SVT et technologie* sont introduites dans le socle commun de connaissances et de compétences[2] de 2006 (MEN, 2006) et dans les programmes de collège de 2008 (MEN, 2008d), textes institutionnels en vigueur lors de notre recherche. Le socle réunit ainsi ces quatre disciplines dans la compétence 3 intitulée « Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique » dont le domaine « Pratiquer une démarche scientifique, résoudre des problèmes » possède des items relatifs à une démarche d'investigation. De même l'introduction commune des programmes de collège de ces disciplines vise une mise en cohérence des apprentissages des élèves en favorisant une coordination des disciplines du point de vue des contenus et des méthodes, la démarche proposée étant une démarche d'investigation :

> « À l'issue de ses études au collège, l'élève doit s'être construit une première représentation globale et cohérente du monde dans lequel il vit. (…) Toutes les disciplines concourent à l'élaboration de cette représentation, tant par les contenus d'enseignement que par les méthodes mises en œuvre. » (MEN, 2008d, p. 1)

Une démarche d'investigation est en fait prescrite pour l'ensemble de la scolarité, à partir de 2003 pour l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire (MEN, 2002), et à partir de 2010 dans l'ensemble des programmes disciplinaires de mathématiques, SPC, SVT du lycée ainsi que pour l'enseignement scientifique interdisciplinaire de seconde « Méthodes et pratiques scientifiques » (MEN, 2010), même si l'expression « démarche d'investigation » n'est pas toujours mentionnée (Prieur et al., 2013b).

[2] Le socle commun de connaissances et de compétences est désigné par la suite par le seul terme « socle »

L'analyse des instructions officielles du secondaire, communes et propres aux disciplines scientifiques et à la technologie, permet de dégager qu'il ne s'agit pas d'*une* démarche, mais d'un *ensemble* de démarches[1] caractérisées par une approche hypothético-déductive, un modèle d'apprentissage qui attribue aux élèves une responsabilité dans la construction des connaissances et dans la conduite de la démarche, qui privilégie les interactions sociales, et qui possède des objectifs relatifs à l'acquisition de savoirs ou/et de savoir-faire techniques et méthodologiques (Prieur, Monod-Ansaldi, & Fontanieu, 2013b).

Cette analyse met également en évidence des implicites concernant leurs références épistémologiques, leurs spécificités disciplinaires et les liens entre démarche d'investigation et autres démarches prescrites (Prieur et al., 2013b). Questionnant l'influence de ces prescriptions sur les représentations professionnelles des professeurs de mathématiques, SPC, SVT et technologie sur les démarches d'investigation, nous avons conduit une étude quantitative à l'aide d'un questionnaire en ligne diffusé sur le territoire national (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011).

L'analyse des résultats de cette enquête (2606 répondants) met d'abord en évidence les difficultés des professeurs à mettre en œuvre des démarches d'investigation. Les difficultés, exprimées par plus des ¾ des professeurs, concernent la gestion pédagogique de la classe que les enseignants relient au manque d'autonomie des élèves, et à l'aspect chronophage de ce type de démarche. Plus de la moitié des professeurs mentionnent également comme source de difficulté le surcroit de travail généré par la préparation de telles situations (Prieur, Paindorge, Monod-Ansaldi, & Fontanieu, 2016).

Cette analyse met aussi en évidence qu'une proportion non négligeable de professeurs attribue aux hypothèses et aux conjectures un statut qui ne les met pas au service d'une démarche scientifique hypothético-déductive et exprime une méconnaissance de la signification du terme hypothèse dans les autres disciplines que celle qu'ils enseignent (Prieur, Monod-Ansaldi, & Fontanieu, 2013a).

1.2. Une délimitation de la recherche

Nous présentons dans ce paragraphe l'objet d'étude de la recherche et les éléments qui ont conduit à le délimiter.

- ***Une étude des connaissances professionnelles***

Les résultats de l'enquête que nous avons conduite sur les représentations professionnelles des démarches d'investigation questionnent l'impact de ces représentations sur les pratiques professionnelles : en quoi orientent-elles la conduite de démarche d'investigation ? En quoi sont-elles des appuis ou des freins à un travail collectif entre disciplines ? Nous avons souhaité poursuivre cette étude en nous intéressant aux *pratiques* des professeurs et à leurs *connaissances professionnelles.* Nous étudions les pratiques à partir de l'activité des professeurs et du produit de

leur activité. Les *connaissances professionnelles* sont celles qui sont mobilisées et construites au cours de l'activité. Nous ancrons ainsi notre étude dans le champ de *l'ergonomie cognitive.* Nous utilisons pour, les modéliser le *modèle opératif* de Pastré (2005b) et les *savoirs-processus* de Grangeat (2008), (§ 3.3).

- ***Le travail de préparation de situation d'enseignement***

Nous délimitons l'activité enseignante étudiée au *travail de préparation* qui constitue une activité à part entière du travail enseignant et qui présente dans le cas des démarches d'investigation une complexité spécifique (§ 2.2). Nous regardons le travail de préparation des professeurs comme une activité de *mise au travail de ressources*, c'est-à-dire une activité de sélection, de transformation, de création de ressources, dont la visée est la conduite de l'enseignement et les apprentissages des élèves. Nous inscrivons ainsi notre étude dans le cadre de *l'approche documentaire du didactique* (Gueudet & Trouche, 2010a, 2010b), (§ 3.1), qui considère les interactions avec les ressources et avec les élèves et leurs collègues comme des éléments majeurs de l'activité des professeurs et comme un moteur du développement de leurs connaissances professionnelles.

- ***Le travail collectif pour la conduite de démarches d'investigation***

Les prescriptions relatives aux démarches d'investigation qui sont communes aux disciplines (§ 1.1) supposent une coordination des professeurs des différentes disciplines. Cette attente reste implicite dans les programmes de collège de 2008, elle est cependant explicitée dans le livret personnel de compétences pour l'évaluation de la compétence 3 du socle et donc du domaine « Pratiquer une démarche scientifique, résoudre des problèmes » :

> « la validation de la compétence 3 du socle commun est une décision *collégiale* éclairée par les évaluations menées dans diverses situations, par divers enseignants et en particulier par les quatre professeurs concernés (physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre, technologie et mathématiques » (MEN, 2011, p. 11).

Nous proposons d'étudier le travail collectif des professeurs, dans le contexte de cette coordination, pour la conduite de démarches d'investigation (§ 2.3). Ce choix nous conduit à un premier questionnement : Quelles sont les conditions favorables au travail collectif entre professeurs de disciplines scientifiques différentes ? En quoi un travail collectif peut-il favoriser des évolutions des connaissances qui orientent un travail de préparation ? Nous délimitons notre étude à un collectif de professeurs de mathématiques, SPC et SVT. Nous retenons ces disciplines pour les raisons suivantes : nous avons enseigné les SVT durant 20 ans et contribuons à des travaux en didactique des SVT depuis une dizaine d'année ; nous pouvons bénéficier d'appuis de chercheurs en didactique des mathématiques et des SPC dans l'équipe EducTice à laquelle nous appartenons. Nous excluons la technologie de notre étude pour les deux raisons suivantes. La première est une raison contextuelle : nous n'avons pas les moyens d'appui direct en didactique de la technologie. La seconde est une

raison épistémologique : il existe des différences épistémologiques importantes entre la démarche d'investigation et les autres démarches prescrites en technologie (Prieur et al., 2016). Cette plus faible proximité de la technologie avec les mathématiques, SVT et SPC est susceptible de freiner une intercompréhension et de favoriser des juxtapositions de points de vue non féconds.

Dans le cadre de notre recherche, bien que nous reconnaissions aussi bien les disciplines scolaires, mathématiques, SVT et SPC, que leur disciplines académiques de référence, comme des *disciplines scientifiques,* pour faciliter les comparaisons entre les sciences dites « expérimentales » et les mathématiques, nous réservons la dénomination de *sciences,* et de l'adjectif *scientifique*, aux sciences de la vie, de la Terre[3], physiques et chimiques.

- ***La phase d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures***

En référence aux prescriptions scolaires du collège en mathématiques, SVT et SPC (§ 1.1) nous considérons les démarches d'investigation comme des démarches caractérisées par une approche hypothético-déductive, privilégiant les interactions sociales, et attribuant aux élèves une responsabilité dans sa mise en œuvre. Nous délimitons l'étude des démarches d'investigation à la *phase d'élaboration* d'*hypothèses* en sciences (SPC et SVT) et de *conjectures* en mathématiques. Cette phase des démarches d'investigation et le sens attribué à ces termes sont présentés et analysés dans le § 2.1. Il s'agit d'une phase de l'investigation qui est reconnue dans les démarches d'investigation en France mais également à au niveau international (Cariou, 2015). Par exemple, la définition de l'IBSE[4] de Linn, Davis, &Bell (2004, p. 4), qui a servi de référence à plusieurs projets européen, dont le projet ASSIST-ME (2013-2016)[5], inclut « la recherche d'hypothèses » dans la mise en œuvre de telles démarches. Ce choix est justifié par des raisons épistémologiques et institutionnelles que nous présentons dans le § 2.1.

- ***Conclusion***

Cette recherche s'intéresse à une activité spécifique des professeurs, le travail (W) de préparation (P) pour engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses (H) en SPC et SVT, ou de conjectures (C) en mathématiques, au collège. Nous dénommons cette activité par le sigle WP_{HC}. Nous nous intéressons aux connaissances professionnelles qui permettent de conduire cette activité et aux conditions susceptibles de favoriser des évolutions de ces connaissances au sein d'un collectif constitué de professeurs de mathématiques, de SPC et de SVT.

[3] Nous reconnaissons les sciences de la Terre comme disciplines expérimentales mais également historiques.
[4] Inquiry based science education
[5] Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education, http://assistme.ku.dk/

2. Analyses préalables

Nous analysons dans cette partie les différents objets de la recherche afin de déterminer les cadres théoriques pertinents et de préciser la question de recherche à travailler. Nous analysons l''activité d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures (§ 2.1), l'activité professionnelle « travail de préparation » (§2.2) ; le travail collectif entre les professeurs de différentes disciplines (§ 2.3), les connaissances des professeurs (§ 0), avant de présenter les finalités de la recherche (§ 2.5).

2.1. Les hypothèses et les conjectures

Notre effectuons des analyses épistémologique, curriculaire et didactique des activités d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Ces analyses sont sous tendue par une recherche des démarcations et des points de convergence entre les sciences et les mathématiques. Nous analysons les activités de formulation d'hypothèses ou de conjectures dans les démarches d'investigation prescrites et dans l'activité des chercheurs (§ 2.1.1) et les relations entre problème, hypothèse et conjecture (§ 2.1.2) avant de caractériser l'activité d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures pour notre étude (§ 2.1.3). Nous poursuivons par l'examen des procédures de mise à l'épreuve en mathématiques et en sciences et du statut des savoirs établis (§ 2.1.4). Nous terminons en mettant en évidence des difficultés liées aux activités scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures (§ 2.1.5).

2.1.1. Les démarches hypothético-déductives

Après avoir précisé le sens accordé aux termes *hypothèse* et *conjecture* dans notre écrit (§ 2.1.1.1), nous analysons la place des activités scolaires de formulation d'hypothèses ou de conjectures dans les démarches d'investigation prescrites (§ 2.1.1.2), puis le rôle des hypothèses et des conjectures, et la place des démarches hypothético-déductives dans l'activité de recherche (§ 2.1.1.3).

2.1.1.1. Le choix d'une terminologie

Le terme *hypothèse* est souvent associé aux sciences et celui de *conjecture* aux mathématiques pour désigner une proposition que l'on soupçonne vraie, et que l'on énonce sans prendre position sur son caractère véridique. On retrouve cette association entre les termes hypothèse et conjecture et les disciplines dans l'ensemble des textes des programmes du collège, que ce soit dans la partie commune (MEN, 2008d), ou dans les parties disciplinaires en mathématiques (MEN, 2008a), SPC (MEN, 2008b) et SVT (MEN, 2008c). Cependant, dans le monde de la recherche ou celui de l'enseignement, les usages de ces termes ne présentent pas cette démarcation absolue entre les sciences et les mathématiques. En effet, Popper, par exemple, parle volontiers de conjecture en sciences physiques et certaines conjectures mathématiques, comme celle de Riemann, sont désignées par le terme hypothèse. Nous avons trouvé, dans certains textes didactiques, l'utilisation

d'un des termes pour désigner l'autre comme par exemple dans la thèse en didactique des mathématiques de Giroud (2011) :

> « Cela nous mène à formuler la conjecture C1, le cardinal d'une solution est l'optimum est 9. Cette hypothèse est soutenue par les exemples précédents : aucune solution admissible n'est de cardinal supérieur à 9 et par le fait que cette solution admissible ne peut être agrandie. » (Giroud, 2011, p. 40)

Une confusion peut encore être engendrée par la polysémie du terme *hypothèse* qui désigne également en mathématiques un postulat non démontré contribuant à un raisonnement déductif. Nous ne retenons pas dans notre étude cette signification du terme hypothèse. Dans la suite du texte, que ce soit dans le cadre de l'activité des scientifiques, des mathématiciens, ou des disciplines scolaires, nous associons le terme *conjecture* aux mathématiques et celui *d'hypothèses* aux sciences pour désigner un énoncé de nature hypothétique.

2.1.1.2. Les prescriptions relatives aux hypothèses et conjectures

Il existe en France des attentes relatives aux activités scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures dans les programmes du collège et dans le socle. Ces attentes sont toutefois peu commentées et peu explicitées, elles se limitent à l'énoncé d'un ensemble de prescriptions que nous présentons ci-dessous en mettant en évidence les liens exprimés entre l'existence d'un problème et l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures.

Les démarches d'investigation prescrites au collège sont décrites dans l'introduction commune aux mathématiques, SVT et SPC à partir d'un canevas possédant « sept moments essentiels » dont :

- « l'appropriation du problème par les élèves » ;
- « la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles » ;
- « l'échange argumenté autour des propositions élaborées » (MEN, 2008d, p. 4).

Des attentes similaires sont reprises dans la partie disciplinaire des programmes. Ainsi, en mathématiques, il s'agit d'engager les élèves dans une « une véritable activité mathématique » qui est introduite de la façon suivante :

> « identifier et formuler un problème, conjecturer un résultat en expérimentant sur des exemples, bâtir une argumentation » (MEN, 2008a, p. 9)

En physique, l'élève doit être capable :

> « de pratiquer une démarche scientifique, c'est-à-dire d'observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider, argumenter, modéliser de façon élémentaire et comprendre le lien entre le phénomène étudié et le langage mathématique qui s'y applique » (MEN, 2008b, p. 9)

Et en SVT, « on s'appuie sur une démarche d'investigation » (MEN, 2008c, p. 9), celle de l'introduction commune. L'élaboration d'hypothèses étant un moment clé de cette démarche

puisqu'on retrouve 21 fois, dans la colonne « Capacités déclinées dans une situation d'apprentissage », la capacité « formuler une hypothèse ».

Dans le socle, la capacité « savoir observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider, argumenter, modéliser de façon élémentaire » appartient au domaine « la pratique d'une démarche scientifique » de la compétence 3 (MEN, 2006, p. 15). Dans les grilles de référence du livret personnel de compétences, « émettre une hypothèse, une conjecture » relève de l'item d'évaluation «Raisonner, argumenter, pratiquer une démarche expérimentale ou technologique, démontrer » (MEN, 2011). Si les capacités relatives à l'émission d'hypothèses contribuent à l'évaluation de la pratique de démarches scientifiques, comme le montre le Tableau 1, elles contribuent également à l'évaluation des compétences « Maitrise de la langue française » et « La culture humaniste ».

Compétences générales	**Domaines de la compétence générale**	**Indications pour l'évaluation**
Compétence 1 : La Maîtrise de la langue française	Ecrire (p. 5)	Dans les disciplines scientifiques : Faire rédiger des hypothèses, conjectures.
	Dire (p. 6)	Confrontation d'hypothèses, de conjectures et de démarches au cours d'un débat, notamment scientifique.
Compétence 3 : Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique	Pratiquer une démarche scientifique, résoudre des problèmes (p. 12)	L'élève participe à une formulation d'un problème simple à partir d'observations, de données ou d'essais erreurs. Dans un tel cadre, il formule une conjecture.
Compétence 5 : La culture humaniste	Faire preuve de sensibilité, d'esprit critique, de curiosité (p. 24)	Il est capable de développer une activité intellectuelle autonome en formulant des hypothèses et en cherchant à y apporter des réponses

Tableau 1 : Extraits du livret personnel de compétences du palier 3 mettant en évidence la place de la formulation d'hypothèses ou de conjectures dans l'évaluation du socle (MEN, 2011)

Cette analyse, des textes institutionnels du collège, met en évidence que les tâches d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures sont une attente aussi bien en mathématiques qu'en SPC et SVT. Elles s'inscrivent dans le cadre d'une démarche visant à répondre à un problème, à un questionnement. Cette démarche est qualifiée selon les textes et les disciplines « démarche d'investigation », « démarche scientifique », « démarche expérimentale », voire « activité mathématique ». Concernant la démarche d'investigation, celle-ci est explicitement présentée comme une démarche de résolution de problème, aussi bien en mathématiques qu'en sciences :

> « La démarche d'investigation présente des analogies entre son application au domaine des sciences expérimentales et à celui des mathématiques. Une éducation scientifique complète se doit de faire prendre conscience aux élèves à la fois de la proximité de ces démarches (résolution de problèmes, formulation respectivement d'hypothèses explicatives et de conjectures) et des particularités de chacune... » (MEN, 2008d, p. 4)

La description de ces différentes démarches montre qu'elles sont décrites en référence à une *démarche scientifique hypothético-déductive*. Cependant, comme le pointe Calmettes (2009, p. 2) « référence ne signifie pas identité » dans la mesure où les objectifs et les contraintes de l'enseignement ne conduisent pas à une reproduction des démarches des chercheurs dans la classe. Dans cette perspective, certains didacticiens comme Mathé, Méheut & de Hosson (2008) considèrent que la démarche d'investigation prescrite relève d'une *transposition* (Chevallard, 1985) d'une démarche scientifique hypothético-déductive, ou comme Coquidé, Fortin, &Rumelhard (2009) considèrent qu'elle prend appui sur des *pratiques sociales de référence* (Martinand, 1983), ces pratiques étant celles du monde de la recherche. Dans un cas comme dans l'autre il s'agit de prendre en compte les écarts entre les contextes de la recherche et celui de l'enseignement.

Notre étude contribue à questionner les pratiques scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures qui peuvent être accessibles aux élèves dans le cadre d'une démarche d'investigation envisagée comme la résolution d'un problème à partir d'une approche hypothético-déductive.

2.1.1.3. L'approche hypothético-déductive en sciences et mathématiques

Cariou (2009) a mis en évidence, à partir d'une étude de textes historiques, l'importance des hypothèses dans les démarches en sciences de l'antiquité à nos jours. En mathématiques, le rôle essentiel des conjectures est aussi reconnu depuis l'antiquité :

> « Le fait que des conjectures (ou théorèmes) précèdent les preuves dans le déroulement d'un cheminement heuristique, était une banalité chez les anciens mathématiciens » (Lakatos, 1984, p. 12)
>
> « Selon l'heuristique de Pappus d'Alexandrie, la découverte mathématique part d'une conjecture. » (Lakatos, 1984, p. 96)

Les hypothèses et les conjectures s'inscrivent dans une démarche hypothético-déductive que Bernard (1865) et Popper (1978) ont contribué à formaliser. Une telle démarche s'appuie sur des déductions, effectuées à partir d'énoncés provisoires (hypothèses ou conjectures), qu'il s'agit d'éprouvée. Pour Popper (1978), une conjecture est ainsi un énoncé prédictif qui doit être testable, et pour Bernard (1865) les conséquences d'une hypothèse doivent être contrôlée par l'expérience :

> « L'idée expérimentale est donc aussi une idée *a priori,* mais c'est une idée qui se présente sous la forme d'une hypothèse dont les conséquences doivent être soumises au critérium expérimental afin d'en juger la valeur. » (Bernard, 1865, p. 49

Cariou (2009) met en évidence que de nombreux scientifiques du 20e et 21e siècle reconnaissent une construction de la science qui est « dans ses grandes lignes, hypothético-déductive » (p. 187). Les auteurs convoqués pour sa démonstration appartiennent à différentes disciplines scientifiques, il cite par exemple - pp. 182-187-, Marie et Pierre Curie (physiciens nucléaires), Albert Einstein et Richard

Feynman (physiciens quantique), Carl Sagan (Astronome), Peter Medawar (immunologiste), François Jacob (généticien), Jacques Monod (biologiste, biochimiste), John Carew Eccles (neurophysiologiste), Ernst Mayr (biologiste évolutionniste) ou encore Henri Poincaré (physicien et mathématicien). Il conclut que le débat relatif aux méthodes mises en œuvre par les scientifiques n'est pas clos, mais qu'une approche hypothético-déductive est néanmoins largement reconnue par les scientifiques et les philosophes des sciences contemporaines. Il considère que ce qui anime les débats au sein de la communauté scientifique semble davantage lié aux modalités qui conduisent à l'émergence des hypothèses qu'à leurs rôles dans la construction des connaissances.

Les approches hypothético-déductives des mathématiques sont également défendues par les mathématiciens qui accordent une place à l'empirisme, c'est-à-dire ici à l'expérience sensible, à l'observation et au test d'une conjecture sur des cas particuliers. Une telle approche des mathématiques est qualifiée *d'expérimentale*. Borwein, Bailey, &Girgensohn (2004) reconnaissent l'importance du « test et de la réfutation des conjectures dans l'activité mathématique » (p. 53) et Andler (2005) défend l'idée qu'une telle approche expérimentale représente un temps important de l'activité mathématique :

> « Très schématiquement, les mathématiques à tous les niveaux consistent en 45 % d'observation, 45 % de démarche expérimentale et 10 % de démonstration. C'est à peu près l'équilibre qu'il y a dans l'activité d'un mathématicien chercheur qui travaille sur un problème donné. » (p. 27)

Hindry (1999) accorde tout autant d'intérêt à cette phase expérimentale des mathématiques qu'aux processus de preuve :

> « Comprendre les ressorts qui mènent à une conjecture est plus important que tenter de définir la vérité d'une conjecture » (p. 227)

Ces dernières années, le numérique a mis à disposition des mathématiciens des capacités de calculs et de stockage de données qui favorisent le développement de « mathématiques expérimentales » (Borwein, 2004).

Reconnaissant le rôle structurant des hypothèses et des conjectures dans les démarches hypothético-déductives, nous les avons qualifiées de « concepts épistémologiques » (Prieur et al., 2013a, p. 61).

2.1.2. Problèmes, hypothèses et de conjectures

Les problèmes sont reconnus comme essentiel dans la dynamique de recherche aussi bien en sciences qu'en mathématiques :

> « il convient de se représenter la science comme une démarche qui progresse à travers la formulation de différents problèmes pour en venir à des problèmes toujours plus fondamentaux (…) la science ne commence que s'il y a problème » Popper (1985, p. 329)

> « Tant qu'une science jouit d'une abondance de problèmes, elle est pleine de vie ; le manque de problèmes dénote la mort ou la cessation du développement propre de cette branche et, de même que dans toute entreprise humaine il faut poursuivre un but, de même dans la recherche en mathématiques il faut des problèmes » (Hilbert, 1902)

Nous examinons les liens entre problèmes, conjectures et hypothèses dans l'activité de recherche.

- ***Problèmes et hypothèses en sciences***

Dans une approche rationaliste des sciences, la connaissance scientifique est considérée comme constituée de réponses à des problèmes que les hommes se sont posés :

> « la science ne commence que s'il y a problème » (Popper, 1985, p. 329)
>
> « C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. » (Bachelard, 1938/1993, p. 14)

Dans cette citation Bachelard semble attribuer le même sens au terme *question* et *problème*. Cariou (2015) propose de distinguer trois types d'interrogation :

- des *questions* qui visent la recherche *d'informations* ;
- des problèmes explicatifs qui visent la recherche *d'explications* ;
- des *problèmes pragmatiques* qui visent la recherche de *moyens*.

Les questionnements scientifiques sont essentiellement des problèmes explicatifs :

> « des problèmes liés à la découverte d'explications » (Popper, 1985, p. 329) :
>
> « Le but de la science, c'est de découvrir des explications satisfaisantes de tout ce qui nous étonne et parait nécessiter une explication. » (Popper, 1991, p. 297)

Pour Popper (1991), si la tâche de la science peut consister à résoudre des problèmes pratiques (de prédiction – prévoir un risque épidémiologique-, d'application technique – concevoir un protocole-), les problèmes fondamentaux qui contribuent à la construction des théories scientifiques sont des problèmes explicatifs.

Dans le cadre de notre étude, nous considérons qu'en sciences, une hypothèse est une proposition vraisemblable qui contribue à apporter une explication à un problème explicatif. Ces hypothèses encore dénommées *hypothèses explicatives* sont au cœur de la construction des savoirs. Elles se différencient des prévisions et des moyens techniques qui répondent selon Popper à des problèmes pratiques, et selon Cariou à des problèmes pragmatiques ou des questions.

L'explication scientifique peut être de différentes natures. En biologie par exemple, (Morange, 2005) considère que les objets vivants s'appréhendent à partir de trois types d'explication pouvant être complémentaires :

- des explications mécanistes recherchant des liens de causalité ;
- des explications darwiniennes probabilistes pour laquelle une forme biologique a été favorisée par l'évolution parce qu'elle donne à son porteur une chance supplémentaire de laisser des descendants ;
- des explications qui établissent des relations entre des structures biologiques et les contraintes auxquelles elles sont soumises, comme par exemple la complémentarité de forme entre une hormone et son site actif.

Une explication peut également être de différents niveaux. Une partie de la physique s'explique par des relations formelles entre des grandeurs, il s'agit de lois physiques qui sont plus proches d'une description qu'une explication. Concernant les explications mécanistes de type causal, Halbwachs (1981) différencie les *causalités simples* et les *causalités homogènes* qui correspondent à des niveaux d'explications plus ou moins profond. L'établissement d'une relation de *causalité simple* lie de manière linéaire une cause à un effet – l'objet tombe parce qu'une force s'exerce sur lui, le sujet ne voit plus parce que son nerf optique a été endommagé –, elle répond à un « pourquoi » d'une classe de phénomène. Elle n'a pas la même portée explicative qu'une relation de *causalité homogène* qui décrit le « comment » interne à une classe de phénomènes – la lumière se propage en ligne droite en raison du principe de moindre action ; le sujet est hémophile en raison des lois de l'hérédité –.

Un problème scientifique peut ainsi engager la recherche d'explication de nature différente, et plus ou moins profonde.

Par ailleurs, les hypothèses explicatives ne s'expriment pas toutes dans le même langage. Par exemple lorsque la biologie et la physique ont recours à des explications de type mécaniste, la physique les exprime par des relations formelles entre grandeurs, alors que la biologie a davantage recours à un langage naturel ou à des schémas fonctionnels traduisant les relations de causalité. Nous attribuons ces variations aux caractéristiques des objets étudiés : la variabilité interindividuelle et interspécifique des objets biologiques rend difficile une formalisation mathématique de leur fonctionnement, contrairement à une certaine régularité du monde de la matière.

- ***Problèmes et conjectures en mathématiques***

Pour Arsac & Mante (2007) l'activité mathématique se situe entre deux pôles, le premier axé sur la résolution de problème et le second sur la découverte et la systématisation des méthodes de recherche pour la résolution de problème. Les problèmes sont ainsi au cœur de toute activité mathématique (Gardes, 2013). Qu'elle se situe à l'un ou l'autre de ces pôles, l'activité mathématique produit des conjectures, c'est-à-dire des énoncés au statut provisoire pour décrire les objets étudiés et leurs relations, dans une syntaxe propre aux mathématiques. Elle dégage ainsi des propriétés et

des règles possibles qui devront être mis à l'épreuve. Ces conjectures entretiennent la dynamique de l'activité mathématique :

> « Les conjectures sont précisément des signes de fécondité ; la "bonne" conjecture apparait non comme un pis-aller de la démonstration, mais comme un élan vers la généralisation, un lieu d'expérimentation, un guide du sens, une recherche d'unité ou de perfection » (Hindry, 1999, p. 228)

Les problèmes traités par les mathématiciens n'ont pas tous la même envergure, certains sont de grands problèmes mathématiques, d'autres des sous-produits de ces problèmes, d'autres encore de simples défis, fruits de la curiosité d'esprit du mathématicien (Arsac & Mante, 2007). Ces problèmes conduisent donc à des conjectures qui ont un caractère plus ou moins local.

Nous faisons le choix de travailler avec les professeurs les conjectures élaborées dans le cadre de la résolution d'un problème mathématique. Nous faisons ce choix pour une meilleure intercompréhension entre les professeurs de mathématiques et de sciences. Ce choix est par ailleurs conforme aux instructions officielle qui associent l'élaboration de conjectures à la résolution de problème (§ 2.1.1.2).

Nous rejoignons ainsi le point de vue du mathématicien Perrin sur l'activité mathématique :

> « Faire des mathématiques, c'est poser, et - si possible- résoudre des problèmes » (Perrin, 2007, p. 7).

Nous rejoignons également celui de la didacticienne Artigue pour qui les approches mathématiques dans le cadre des démarches d'investigation :

> « visent à faire apparaître les constructions mathématiques pour ce qu'elles sont : des réponses à des questions, à des problèmes, dans des transpositions qui font sens pour les élèves et sont respectueuses de l'épistémologie des concepts » (Artigue, 2012, p. 13)

- ***Premières comparaisons et caractérisation des conjectures et des hypothèses***

Les conjectures et les hypothèses explicatives possèdent des caractéristiques différentes. Ce sont en mathématiques des propriétés et des règles, et en sciences des explications de nature différentes, certains types d'explication étant plus fréquents dans certains champs disciplinaires. Toutefois elles présentent des points communs essentiels pouvant stimuler une mutualisation des idées et un partage de points de vue relatifs au WP_{HC} au sein d'un collectif constitué de professeurs de mathématiques, SPC et SVT.

Les hypothèses et les conjectures sont des *propositions provisoires* et qui contribuent à la *construction des savoirs*. Elles peuvent avoir une *portée locale*, ou une *portée générale* permettant de coordonner un ensemble de faits ou d'objets. En s'inscrivant dans une démarche d'investigation, elles prennent part à la *résolution d'un problème.*

2.1.3. Elaboration d'hypothèses ou de conjectures

Afin de dégager les caractéristiques des modalités d'élaboration d'hypothèses en sciences et de conjectures en mathématiques que nous retenons dans le cadre de notre étude, nous analysons un récit de l'activité expérimentale du physiologiste Bernard (1965) que nous confrontons au dialogue imaginaire du mathématicien Lakatos (1984) entre des élèves et un maître. Cette analyse n'a pas valeur de démonstration, mais d'illustration pour permettre au lecteur de mieux comprendre nos choix.

- ***Analyse du récit d'une activité expérimentale par Bernard***

Nous rapportons ci-dessous un extrait du récit de Bernard à propos des urines de lapin lorsqu'ils sont à jeun :

> « On apporta un jour dans mon laboratoire des lapins venant du marché. On les plaça sur une table où ils urinèrent et j'observai par hasard que leur urine était claire et acide. Ce fait me frappa, parce que les lapins ont ordinairement l'urine trouble et alcaline en leur qualité d'herbivores, tandis que les carnivores, ainsi qu'on le sait, ont, au contraire, les urines claires et acides. Cette observation d'acidité de l'urine chez les lapins me fit venir la pensée que ces animaux devaient être dans la condition alimentaire des carnivores. Je supposai qu'ils n'avaient probablement pas mangé depuis longtemps et qu'ils se trouvaient ainsi transformés par l'abstinence en véritables animaux carnivores vivant de leur propre sang. Rien n'était plus facile que de vérifier par l'expérience cette idée préconçue ou cette hypothèse. » (Bernard, 1865, p. 267)

L'analyse de ce récit vise à dégager le rôle du problème, de l'empirique et du théorique dans la formulation d'hypothèses.

L'observation (l'urine claire et acide des lapins) est interprétée par Bernard comme une anomalie car elle est en désaccord avec ses connaissances (les lapins sont des herbivores, les herbivores ont des urines troubles et alcalines). Ce premier point met en évidence que l'observation est en fait une interprétation orientée par des connaissances. Il ne s'agit pas de n'importe quelles connaissances disponibles, mais de celles qui appartiennent au cadre théorique qui est en lien avec le type d'explication recherchée. On peut penser par exemple, que pour Pasteur qui conduit des études d'infectiologie, une urine trouble aurait pu traduire une présence de globules blancs, de germes et donc d'infection et n'aurait pas été associée à des troubles métaboliques. Les urines du lapin ne sont à eux seuls qu'un « matériau d'observation » (Fourez, 2002, p. 36) qui se différencie du « fait d'observation » qui en est une interprétation à partir d'un cadre théorique choisi, de critères d'analyse et de savoirs. Dans une approche rationaliste, Popper et Bachelard mettent en évidence le rôle de la théorie dans l'observation. Pour Popper (1978), il s'agit de s'opposer à l'inductivisme des positivistes qui généralisent à partir d'un ensemble d'observations, tandis que pour Bachelard il s'agit

de lutter contre les perceptions premières qui peuvent être trompeuses et qui doivent être soumise à la raison :

> « l'observation a besoin d'un corps de précautions qui conduisent à réfléchir avant de regarder, qui réforment du moins la première vision, de sorte que ce n'est jamais la première observation qui est la bonne. » (Bachelard, 1934, p. 16)
>
> « Les faits s'enchaînent d'autant plus solidement qu'ils sont impliqués dans un réseau de raisons » (Bachelard, 1949, p. 123)

Auguste Comte, fondateur du positivisme, attribuait un rôle premier à l'observation dans la construction des savoirs, il n'en défend pas moins le rôle de la théorie dans l'observation :

> « Si en contemplant les phénomènes nous ne les rattachions point immédiatement à quelques principes, non seulement il nous serait impossible de combiner ces observations isolées, et, par conséquent, d'en tirer aucun fruit, mais nous serions même entièrement incapables de les retenir ; et, le plus souvent, les faits resteraient inaperçus à nos yeux. » (Comte, 1989/1830, p. 32)

Les remarques effectuées sur l'observation peuvent-être élargies à tout *matériau empirique* qu'il s'agisse d'une perception visuelle, ou d'une perception à partir d'un autre sens. Un fait empirique est ainsi une interprétation à partir d'une grille de lecture orientée par le problème à résoudre et par les savoirs de son domaine théorique : un *fait empirique* est un *construit* « chargé de théorie »[6]. Par ailleurs, un matériau empirique peut être directement prélevé dans le milieu, mais il peut également être provoqué à l'aide d'instruments ou/et de manipulation (un matériau empirique peut par exemple être une coloration issue d'une réaction chimique qu'il s'agira d'interpréter). La théorie concerne aussi les instruments qui permettent de provoquer ou de recueillir les matériaux empiriques :

> « toutes les données expérimentales sont chargées de théorie, en sorte que ce que *voit* un savant dans un contexte théorique donné n'est pas ce qu'il *voit* dans un autre, y compris parce que les systèmes d'instrumentations incorporent des théories. » (Tiercelin, 1999)

Nous poursuivons en analysant le cheminement de Bernard entre son observation et la formulation de l'hypothèse afin de démontrer ses liens avec un problème. Bien que Bernard n'explicite pas son questionnement, le problème qui se pose à lui se dégage de son récit. En effet, le désaccord entre l'observation effectuée et ses connaissances semble soulever un premier problème (« Ce fait me frappa ») que nous formulons de la façon suivante : « Comment expliquer que ces lapins, qui sont herbivores, aient une urine claire et acide ? ». Ayant identifié l'anomalie des urines des lapins, Bernard poursuit son raisonnement en mettant en relation cette anomalie avec ses connaissances sur le régime alimentaires des animaux carnivores et sur les caractéristiques de leurs urines (« les

[6] Cette expression est la traduction du terme *theory-ladenness of observation* inventé par Hanson (1958)

carnivores, ainsi qu'on le sait, ont, au contraire, les urines claires et acides »). On peut déceler un questionnement implicite qui s'affine. Il s'agit alors d'expliquer comment un lapin herbivore peut avoir des urines identiques à celle d'un carnivore. Si Bernard n'explicite pas dans ce récit le problème qui conduit à son hypothèse, l'analyse de son cheminement met en évidence qu'un problème précède son hypothèse et qu'il se construit à partir de ses observations et de ses connaissances. Gmrek (1997), qui a analysé les récits de Bernard, met en évidence l'importance des problèmes et des savoirs dans l'activité de ce scientifique qui formalise cependant dans sa description de la méthode hypothético-déductive qu'une hypothèse est issue d'une observation.

Le questionnement de Bernard le conduit à l'hypothèse suivante : « Je supposai qu'ils n'avaient probablement pas mangé depuis longtemps et qu'ils se trouvaient ainsi transformés par l'abstinence en véritables animaux carnivores vivant de leur propre sang ». La formulation de cette hypothèse mobilise de nouvelles connaissances implicites comme celle par exemple du rôle du sang dans les fonctions de nutrition (transport et milieu intérieur), une analogie avec la physiologie des carnivores et une part de création (les lapins s'auto-nourrissent). Cette hypothèse est vraisemblable, mais son statut est provisoire tant que l'expérience permettant de la tester n'a pas été réalisée : il s'agit pour Bernard de « vérifier par l'expérience cette idée préconçue ou cette hypothèse ».

L'hypothèse de Bernard est une solution possible à un problème qui se construit à partir d'une observation, et non une supposition directement issue d'une observation. Sa formulation s'appuie sur un *esprit créatif* (Cariou, 2009) qui est guidé de façon implicite par un cadre théorique et un ensemble de connaissances associées. Son statut est provisoire, elle doit être éprouvée par l'expérience.

- ***Analyse du récit d'une activité mathématique par Lakatos***

L'analyse du dialogue imaginé par Lakatos (1984) entre des élèves et leur maître à propos de la résolution d'un problème mathématique met en évidence des caractéristiques communes et quelques variations avec la démarche de Bernard. En premier lieu, bien qu'un problème initial soit apporté par le maître, celui-ci est travaillé par les élèves et redéfini plusieurs fois au cours de la démarche. Le problème initial est la relation entre le nombre S de sommets, le nombre A d'arêtes et le nombre F de faces d'un polyèdre quelconque. Les élèves proposent rapidement la conjecture $S - A + F = 2$. La recherche du domaine de vérité de $S - A + F = 2$ conduit les élèves à décomposer cette « conjecture originale » en « sous conjectures » valables pour un cube ou un tétraèdre (Lakatos, 1984, p. 12). Le problème initial qui s'adresse à un polyèdre quelconque est donc ensuite travaillé pour des polyèdres particuliers avant de revenir au problème initial. En second lieu, l'analyse des discours met en évidence que la confrontation entre les faits empiriques et les savoirs du domaine de la géométrie, sont essentiels dans la construction des conjectures. Ces faits empiriques sont de

différents types. Ce sont d'une part des observations de polyèdres. L'analyse de la démarche des élèves met en évidence qu'ils s'appuient sur des figures de polyèdres tangibles tracés ou manipulés, ou encore sur leur représentation mentale. Cependant, comme le met en évidence le dialogue suivant, elles ne sont pas accessibles à tous car elles nécessitent des connaissances qui doivent pouvoir être mobilisées – ici la notion de face annulaire – :

> Rhô : (…). Ainsi il n'y a pas du tout de « face annulaire ».
>
> Bêta : Mais la face annulaire est là ! Ce sont les arêtes dont vous parlez pour la découper qui n'y sont pas !
>
> Rhô : Elles sont seulement cachées à vos yeux inexpérimentés. » (Lakatos, 1984, p. 49).

Ce sont d'autre part des résultats d'exploration par essais et erreurs des objets étudiés :

> « Après plusieurs essais et erreurs, les élèves remarquent que pour tous les polyèdres réguliers S – A + F = 2. » (Lakatos, 1984, p. 7)

Or ce résultat, même confirmé sur des cas particuliers, n'est pas prouvé, ce qui justifie la question du maître :

> « Quelqu'un en aurait-il trouvé une preuve ? » (Lakatos, 1984, p. 9)

L'analyse des écrits de Lakatos (1984) permet de reconnaître, comme chez Bernard, une dialectique entre faits empiriques, et savoirs du domaine étudié, dans la construction d'un questionnement et de conjectures, les conjectures sont des énoncés au statut provisoire dont il s'agit de rechercher des preuves. Les faits empiriques sont en grande partie le résultat d'explorations à partir de manipulations, non forcément sensibles, des objets étudiés.

- ***Caractéristiques des activités d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures***

Nous présentons les quatre caractéristiques que nous attribuons aux activités scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures dans notre étude, activités qui d'une part s'inscrivent le cadre d'une résolution de problème et d'autre part visent à s'ancrer dans l'épistémologie des disciplines.

(1) La formulation d'hypothèses ou de conjectures est associée à celle d'un questionnement dont il s'agit de délimiter les contours, d'en comprendre le sens, voire éventuellement de le préciser, et même de le réorienter. Problème et, hypothèses ou conjectures, sont issus de processus de détermination et de construction qui sont associées.

(2) l'émission d'une *hypothèse* ou d'une *conjecture* s'effectue dans un cadre théorique donné. C'est une création qui est en lien avec un ensemble de *faits empiriques* et de savoirs appartenant au domaine théorique concerné.

Les activités scolaires nécessitent de prendre en compte ces caractéristiques, il s'agit donc de s'assurer que les élèves ont la possibilité d'identifier le domaine théorique et les savoirs en jeu qui guideront la construction des faits empiriques.

(3) Les matériaux à l'origine des faits empiriques peuvent être présents dans le contexte de recherche, comme par exemple les urines des lapins, ils peuvent encore être produits, comme par exemple les résultats obtenus par essais et erreurs sur des polyèdres réguliers. Bernard qualifie ces explorations provoquées « d'expériences pour voir » :

> « Ces sortes d'expériences de tâtonnement (…) pourraient être appelées des expériences pour voir (…) il y a des cas où l'on expérimente sans avoir une idée probable à vérifier. » (Bernard, 1865, p. 32)

En mathématiques, les « expériences pour voir » jouent un rôle important dans la construction des faits empiriques et dans leur articulation avec les savoirs (Durand-Guerrier, 2010). Pour Gardes (2013), elles relèvent du premier principe de l'aspect expérimental des mathématiques qui est un mode empirique de constitution des objets mathématiques (p. 28). Dias (2008) met en évidence le rôle de ces expériences qu'il qualifie *d'expérience-action* dans l'activité mathématiques des élèves en référence à la définition qu'en donne Coquidé (2003) en didactique des sciences. De telles expériences relèvent d'*un mode de familiarisation pratique* qui permet de « faire l'expérience de » et « d'avoir l'expérience de » :

> « Il permet aux élèves d'explorer et d'agir, à travers des situations variées et diversifiées, avec pour finalité d'« apprivoiser » des objets, des phénomènes ou des instruments, d'inciter au questionnement, de constituer un capital expérientiel commun pour la classe. » (Coquidé, 2003, p. 168)

Pour Briand (2007), didacticien des mathématiques l'expérience contribue ainsi à « la rencontre du réel par le sujet » (p. 7). Ce mode exploratoire, reconnu par les didacticiens des sciences et des mathématiques, présente cependant des différences entre les mathématiques et les sciences. Les expériences-action peuvent être réalisées sur des objets abstraits en mathématiques, alors qu'en sciences elles requièrent de façon générale un matériel qui peut être difficile à acquérir ou/et difficile à manipuler. Ce matériel dépasse souvent le papier-crayon, voire l'ordinateur ou les instruments de mesure du mathématicien. Cette analyse croise celle d'Arnold (1998) :

> « La physique est une science expérimentale, une des sciences naturelles. Les mathématiques, ce sont la partie de la physique où les expériences ne coûtent pas cher » (Arnold, 1998, p. 19)

En conséquence ces expériences en sciences sont plus difficiles à mettre en place pour des raisons d'éthique, de coût, de durée, d'accessibilité du matériel, même si leur existence et leur pertinence n'est pas mise en question. Coquidé (2003) pointe que le *mode de familiarisation pratique* est largement sous-estimé dans l'enseignement des sciences. De nos pratiques d'enseignante, de formatrice et de chercheuse en éducation, nous avons constaté que ces expériences d'exploration demeurent marginales en classe de sciences dans le secondaire. Nous faisons l'hypothèse qu'elles sont essentielles en mathématiques où les objets étudiés sont des objets abstraits dont les sujets

n'ont pas *a priori* une expérience, au sens de « faire l'expérience de » et « avoir l'expérience de » et ce d'autant plus chez des non-experts. En sciences, les sujets ont plus facilement une expérience du monde sensible, ces expériences peuvent aider à se démarquer de l'*expérience première* source de *connaissances communes* qui peuvent s'ériger en *obstacle* à la connaissance scientifique (Bachelard, 1934) :

> L »'élève peut ainsi se construire une première représentation du monde, mais également se rendre étrangers des phénomènes trop familiers » (Coquidé, 2003, p. 168)

Les activités scolaires nécessitent de donner aux élèves les moyens d'explorer le registre empirique associé au problème.

(4) Les hypothèses et conjectures formulées doivent être en cohérence avec le problème, les faits empiriques et les savoirs théoriques à disposition. Cariou (2015) parle de *contrôle théorique* pour désigner cet examen de la *recevabilité* d'une hypothèse ou d'une conjecture. Ce contrôle est implicite dans le texte de Bernard qui est une retranscription de sn activité. Il peut s'établir explicitement lorsque les conjectures et hypothèses sont partagées avec des pairs. Dans le cadre de la classe, donner aux élèves les moyens de confronter les hypothèses ou conjectures aux savoirs, aux faits empiriques, au problème semble essentiel pour leur permettre de proposer des *possibles argumentés*. Cariou (2015) propose ainsi de mettre en place « des débats autour des idées conçues par les élèves » (p. 25).

Notre étude s'intéresse au processus qui consiste pour les élèves à :

- percevoir et délimiter un problème, voire le construire ;
- pouvoir explorer le contexte empirique ;
- émettre une ou des hypothèses ou conjectures en prenant en compte le contexte théorique et empirique ;
- s'assurer de leur recevabilité c'est-à-dire de leur cohérence par rapport au problème, aux faits empiriques et aux savoirs théoriques à disposition.
- comprendre qu'il s'agit de propositions provisoires qui doivent être éprouvées.

Nous choisissons ainsi le terme *élaboration,* plutôt que celui de *formulation* ou d'*émission,* pour désigner l'ensemble de ce processus dynamique et actif. Ce processus est proche en mathématiques et en sciences, il ne présente pas de démarcation tranchée. Ces proximités devraient pouvoir permettre une intercompréhension entre des professeurs de mathématiques et de sciences.

Pour prendre en compte cette double dialectique problème/hypothèse-conjecture et faits empiriques/savoirs nous choisissons pour caractériser les connaissances professionnelles qui orientent un $WP_{HC,}$ le cadre de la *problématisation* (Fabre & Orange, 1997) que nous présentons dans le § 3.4.

2.1.4. Mise à l'épreuve des hypothèses et conjectures

Cariou (2015) différencie le *contrôle théorique* d'une l'hypothèse ou d'une conjecture de son *contrôle empirique*. Le *contrôle théorique* correspond à l'examen de sa *recevabilité* (§ 2.1.3). Le *contrôle empirique* est mis en place par des tests établis en fonction de déductions à partir des hypothèses ou des conjectures. Nous analysons dans le § 2.1.4.1 les caractéristiques du contrôle empirique en mathématiques et en sciences et comment il se conjugue au contrôle théorique. Dans le § 2.1.4.2 nous discutons le statut des savoirs en sciences et en mathématiques en lien avec les procédures de mise à l'épreuve et de preuve.

2.1.4.1. Le test des hypothèses et conjectures

En mathématiques, les tests s'appuient sur des manipulations d'objets mathématiques, il s'agit de tests sur des cas particuliers pour identifier des contre-exemples ou conforter des généralisations possibles. Selon le domaine mathématique ces tests peuvent prendre des formes différentes, ce sont par exemple des tirages et sondages en statistiques, des mesures de grandeurs en analyse, des dénombrements en arithmétique, des superpositions et assemblages de formes en géométrie. Borwein (2015) met en évidence comment la technologie outille cette phase de l'activité mathématique en lui donnant une mémoire des données, une puissance et une rapidité de calcul, et des représentations graphiques et dynamiques par l'intermédiaire de la vidéo. Il défend les renouvellements induits par cette technologie aussi bien dans l'activité du mathématicien que dans l'enseignement de cette discipline.

En sciences, le contrôle des hypothèses met le plus souvent en jeu des tests sophistiqués impliquant la conception d'un protocole correspondant aux actions à accomplir et au matériel à utiliser. Ces tests peuvent correspondre à des activités de laboratoire mettant en jeu des manipulations et prévisions à partir d'un réel plus ou moins modélisé (comme le pendule de Newton pour étudier la conservation de la quantité de mouvement et d'énergie), ou encore des observations instrumentées ou non à l'aide d'appareil optique (loupe, microscope, télescope). Ce sont ces tests qui sont généralement appelés en sciences « expériences ». Ces expériences ne recouvrent pas l'ensemble des tests permettant de contrôler une hypothèse scientifique. Un test peut également désigner des activités de terrain où l'observation et la collecte jouent un rôle essentiel. Il peut encore correspondre à des tests statistiques. Ces différentes modalités de test peuvent aussi être combinées. Cette diversité de tests conduit le biologiste Legay à proposer une définition élargie du terme expérience :

> « toute procédure organisée d'acquisition d'information qui comporte, dans la perspective d'un objectif exprimé, une confrontation avec la réalité » (Legay, 1997, p. 59)

S'il n'existe pas une modalité unique de test pour une discipline scientifique donnée, les caractéristiques des disciplines font qu'elles en privilégient certaines. Ainsi par exemple, en physique classique, les tests sont le plus souvent des expériences provoquées qui ont la forme de manipulations d'objets modélisés où la rigueur de la mesure est essentielle pour déterminer les relations entre les grandeurs étudiées, alors qu'en écologie ils impliquent (de façon nécessaire) des activités de terrain pour étudier les organismes vivants dans leur biotope naturel. La variabilité du monde vivant accorde une place prépondérante aux tests statistiques dans certains champs de la biologie comme l'étude des populations ou encore l'épidémiologie (Rumelhard, 2012). L'approche historique des sciences de la Terre s'appuie de façon privilégiée sur la recherche de traces et d'indices sur le terrain pour retrouver les causes possibles d'un événement par rétrodiction en remontant dans le temps, des effets aux causes possibles.

Bien qu'ils puissent présenter des modalités différentes, les tests mathématiques et scientifiques reposent sur des déductions logiques faites à partir de l'hypothèse ou de la conjecture et articulent empirie et théorie. La théorie est convoquée aussi bien pour la conception du test que pour la lecture des résultats. La parenté entre les tests scientifiques et mathématiques est marquée par le recours au terme *hypothèse* dans cette phase de l'activité mathématique. Ainsi Kahane, mathématicien président de la commission de réflexion sur l'enseignement des mathématiques en 2006[7], utilise le terme *hypothèse* pour désigner les énoncés provisoires testés :

> « Il s'agit de donner aux mathématiques une couleur expérimentale : on cherche, on explore, on construit des exemples et des contre-exemples**,** on formule et on teste des hypothèses. C'est cette activité que tous les mathématiciens professionnels connaissent**. »**

De même, dans la présentation des mathématiques au collège sur le site Eduscol[8], le terme hypothèse est utilisé lorsqu'il se réfère à l'expérimentation :

> « Au collège, (...) À travers la résolution de problèmes, les élèves apprennent à (…) faire des hypothèses et expérimenter sur des exemples »

Les différences concernant les tests entre les mathématiques et les sciences sont liées aux caractéristiques de leur monde empirique. En effet, en mathématiques le recours à l'abstraction facilite « l'expérience mentale » (Lakatos, 1984, p. 95) qui correspond à des tests par la pensée à partir d'une représentation du monde sensible ou des objets abstraits. Cependant, il ne s'agit pas d'une démarcation absolue avec les sciences si on se réfère à « l'expérimentation mentale » de Mach (1908) qui s'appuie sur des résultats expérimentaux précédemment collectés et sur des savoirs scientifiques et technologiques disponibles pour se représenter le déroulement d'une expérience par l'imagination :

---

[7] http://www.assemblee-nationale.fr/12/rap-info/i3061.asp

[8] http://www.education.gouv.fr/cid54197/l-enseignement-des-sciences.html

> « Contrairement au poète, le savant se représente alors de justes images des faits, et reste, dans sa pensée, très près de la réalité » (Mach, 1908, p. 198)

En sciences une telle expérience ne remplace pas l'expérience matérielle, mais elle permet au chercheur de se faire une idée possible du résultat avant de s'engager dans sa réalisation :

> « Il s'agit ici d'un procède d'épuration logique et économique pour étudier le contenu des expériences mis sous forme de pensées. » (Mach, 1908, p. 200)

Par ailleurs, en mathématiques les tests empiriques jouent un rôle important dans la construction d'une conjecture avant qu'elle puisse être démontrée. Lakatos (1984) met en évidence le rôle de l'exploration et des tests déductifs pour passer de conjectures *primitives* ou *naïves* à des conjectures *améliorées :*

> « La découverte ne monte ni ne descend, mais elle zigzague : stimulée par les contre-exemples, elle va de la conjecture naïve aux prémisses puis revient encore pour effacer la conjecture naïve et la remplacer par le théorème. Conjecture naïve et contre-exemples n'apparaissent pas dans la structure déductive pleinement achevée ; le zig-zag de la découverte ne peut être discerné dans le produit final. » (p 53)

Le mathématicien Perrin (2007) inscrit ces tests dans un processus itératif contribuant à l'élaboration de conjectures et correspondant à la démarche expérimentale qu'il décrit ainsi :

> « Elle comprend plusieurs étapes à renouveler éventuellement : expérience, observation de l'expérience, formulation de conjectures, tentative de preuve, contre-expérience, production éventuelle de contre-exemples, formulation de nouvelles conjectures, nouvelle tentative de preuve etc. » (Perrin, 2007, p. 10)

Les conjectures naissent ainsi d'une articulation étroite entre les expériences « pour voir », le contrôle théorique et le contrôle empirique, articulation qui constitue l'expérimentation mathématique.

En sciences, l'exigence des tests engendre une rupture souvent plus marquée entre d'une part la phase d'élaboration d'hypothèses et son contrôle théorique, et d'autre part son contrôle empirique. Il n'en reste pas moins que la démarche scientifique n'est pas linéaire et que le contrôle des hypothèses peut concourir à reformuler les hypothèses pour les améliorer :

> « On commence par faire une supposition, souvent fausse, pour voir quelles conséquences s'ensuivraient ; et en observant en quoi elles diffèrent des phénomènes réels, on est averti des corrections à faire à l'hypothèse. La supposition la plus simple qui s'accorde avec les faits les plus apparents est la meilleure pour commencer, parce que ses conséquences sont faciles à déterminer. Cette hypothèse brute est alors corrigée grossièrement, et on répète l'opération. » (Mill, 1866, p. 15)

2.1.4.2. Le statut des savoirs scientifiques et mathématiques

Si un test peut contrôler une hypothèse, c'est-à-dire l'infirmer ou la conforter, une hypothèse ne peut jamais être confirmée de manière absolue. Bernard (1865) défend l'idée d'une vérité relative des théories issues de l'expérimentation :

> « la seule chose dont nous soyons certains, c'est que toutes ces théories sont fausses absolument parlant. Elles ne sont que des vérités partielles et provisoires» (p. 58)
>
> « Dans les sciences expérimentales les grands hommes ne sont jamais les promoteurs de vérités absolues et immuables » (p. 67)

Popper (1978) partage l'idée qu'une hypothèse ne peut être que *corroborée* et parle de sa *vérisimilitude*, c'est-à-dire de sa ressemblance avec la vérité. La connaissance scientifique est celle qui résiste aux tests, à un moment donné, à partir des savoirs et de la technologie à disposition :

> « Celles de nos théories qui se révèlent opposer une résistance élevée à la critique et qui paraissent, à un moment donné, offrir de meilleures approximations de la vérité que les autres théories dont nous disposons, peuvent, assorties des protocoles de leurs tests, être considérées comme «la science» de l'époque considérée. » (Popper, 1985, p. 10).

Dans le cadre de la *problématisation* (§ 3.4), un savoir scientifique n'est pas seulement une solution qui a résisté à un test empirique, c'est également une *solution raisonnée* qui est accompagnée de ses *nécessités*, c'est-à-dire des *conditions de possibilités des solutions* au regard du cadre théorique choisi, des savoirs et des faits empiriques disponibles (Orange, 2005a).

En mathématiques, si l'approche expérimentale est essentielle pour construire des conjectures qui soient mises à l'épreuve de l'empirique et du rationnel (Bkouche, 1982), elle ne génère pas de preuve permettant de les valider :

> « Il ne s'agit évidemment pas de tenir pour vérité mathématique ce qu'on obtient de cette expérimentation, ni de généraliser à partir de l'examen de quelques cas » (Gandit, Triquet, & Guillaud, 2010, p. 3)

Elle peut cependant contribuer à la corroborer et le raisonnement qui lui est associé lui donne un caractère apodictique. La validation mathématique ne sera cependant obtenue que par *démonstration*. Ainsi, (Perrin, 2007) fervent défenseur de la méthode expérimentale, revendique avec force le rôle de la démonstration dans la construction des savoirs mathématiques :

> « Il est clair aussi que la validation ultime d'un résultat mathématique est la démonstration déductive : c'est notre chance d'avoir une méthode pour convaincre qui résiste au temps » (p. 33)

Pruvost-Beaurain[9] présente les démonstrations comme « rigoureuses », « constituées d'assertions ou de propositions se déduisant les unes des autres » pour aboutir à « des conclusions, souvent appelées théorèmes ». Concernant la véracité de la conclusion d'une démonstration, il souligne que :

9

> « L'activité mathématique exige de la rigueur dans les raisonnements et de l'honnêteté dans les résultats : on ne peut pas tricher en mathématique, on est obligé à une pensée juste. Une fois que les règles sont établies et un problème posé, le résultat s'impose, plus ou moins facile à découvrir certes, mais sans que nous puissions le modifier. »

La démonstration est ainsi définie comme une preuve formelle obtenue à partir d'un raisonnement logique déductif conduit en appui sur un ensemble de propositions admises comme vraies ou antérieurement démontrées. Des mathématiciens de la première moitié du 20e siècle comme David Hilbert et ceux du mouvement Bourbaki[10] envisagent la démonstration fondée exclusivement sur la logique à partir de systèmes d'axiomes et de corps de règles comme l'unique preuve possible. L'apport des nouvelles technologies sont susceptibles de renouveler les procédures de validation. Pour Borwein (2015), les *visuals theorem* sont des images ou des animations qui qui donne une certaine assurance que le résultat souhaité est fiable, ils contribuent directement à une démonstration.

Une conjecture démontrée prend le statut d'une proposition établie comme vraie. Selon sa portée il s'agit d'un lemme ou d'un théorème. Dans le cas d'une démonstration par l'absurde qui vise à inférer la vérité d'une proposition à partir de la fausseté de sa négation, la conjecture est démontrée et considérée comme vraie si la négation de la conjecture aboutit à une contradiction logique.

Bien que le savoir mathématique repose sur des liens logiques, il est difficile de le concevoir comme une vérité immuable. Si un théorème démontré est vrai, la conception globale de ses acquisitions peut cependant évoluer :

> « si la mathématique ne remet jamais en cause la validité d'un théorème correctement démontré, elle modifie, en revanche, la conception globale de ses acquisitions ; le théorème vrai est vrai pour l'éternité, mais (…) la place relative des théories, leurs liens, leur subordination peuvent être modifiés, renforcés ou bouleversés, et même inversés » Revuz[11]

Par ailleurs, rien ne peut assurer de l'absence d'erreur de logique d'un individu et donc de la validité d'une démonstration. C'est ainsi que le mouvement Bourbaki considère que la démonstration, bien que régie par des règles fixes, doit être contrôlée par la communauté des mathématiciens pour « réparer » les erreurs possibles. En sciences également les raisonnements mais également les variabilités individuelles de perception, la précision des instruments de mesure, la variabilité du matériel expérimental conditionnant la reproductibilité du résultat obtenu (en biologie particulièrement) peuvent introduire des conclusions erronées. En sciences, comme en

[10] Communauté de mathématiciens crée en 1935 et représenté par Nicolas Bourbaki, nom d'une personne imaginaire.

[11] Revuz, A. Enseignement des mathématiques. *Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le26 avril 2014. URL : http://www.universalis-edu.com.acces.bibliotheque-diderot.fr/encyclopedie/enseignement-des-mathematiques/*.

mathématiques, le contrôle par les pairs est essentiel. Les savoirs scientifiques et mathématiques sont des savoirs partagés et soumis à la critique.

2.1.5. Les activités scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures

Si les activités scolaires relatives à l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures sont encouragées dans les instructions officielles, elles ont tendance être peu mises en œuvre dans l'enseignement ou à être « dénaturées » sur le plan épistémologique. Ainsi, en mathématiques, Barrier (2009) et Perrin (2007) dénoncent une survalorisation de la démonstration dans l'enseignement de cette discipline qui conduit à négliger la phase expérimentale et son articulation avec la démonstration :

> « Cette conception de l'activité mathématique de validation comme essentiellement restreinte à l'usage de déduction construite à partir de théorèmes du cours et des hypothèses de la situation me parait susceptible de freiner le travail de recherche. Les élèves semblent ici considérer qu'agir sur les objets et chercher une démonstration sont deux activités disjointes » (Barrier, 2009, p. 130)
>
> « Mais, mon sentiment est que l'enseignement des mathématiques se résume trop souvent à ces deux points (*la technique, la démonstration*), en négligeant la phase de recherche. » (Perrin, 2007, p. 33)
>
> (Perrin, 2007, p. 42)

En SVT, discipline pour laquelle une démarche hypothético-déductive est prescrite depuis près de cinquante ans, Bomchil & Darley (1998) dénonçaient déjà à la fin des années 1990 que le travail d'élaboration d'hypothèse se limitait en classe à guider les élèves vers l'hypothèse qui pourra être confirmée et qui constituera le savoir à institutionnaliser. Cariou (2009) met en évidence une dizaine d'années plus tard à partir d'un questionnaire adressé à des inspecteurs de SVT que le caractère hypothétique et contrôlé des hypothèses est peu repéré dans les pratiques :

> « La plupart du temps, les hypothèses sont admises en tant que telles sans grande discussion, l'examen de leur recevabilité par les élèves est plutôt rare. » (Cariou, 2009, p. 45)

Pélissier & Venturini (2012) effectuent des observations convergentes pour les SPC. Les caractéristiques des pratiques liées à l'élaboration d'hypothèses de professeurs stagiaires, pratiques qui sont partagées par les professeurs confirmés chargés de leur accompagnement sont les suivantes :

> « Présence dans le déroulement de la séance d'« hypothèses » formulées par des élèves qui se limitent à de brèves réponses à une question posée par l'enseignant, ou à un jeu de prévision à une seule alternative, mais qui ne comporte pas de composante explicative et/ou prédictive construite à partir de l'explicitation de leur modèle naïf ; élimination rapide par l'enseignant et non débattue avec les élèves des hypothèses qui ne correspondent pas à ses attentes » (Pélissier & Venturini, 2012, p. 144)

Mathé, Meheut, &De Hosson (2008) mettent en évidence à partir de l'analyse de fiches d'activité destinées aux élèves pour l'enseignement des SPC que le terme hypothèse peut avoir des sens très différents selon les fiches d'activité étudiées, une hypothèse possède un statut épistémologie peu délimité, elle peut correspondre à une solution technique ou encore à une prévision qui relève d'une simple devinette :

- « le terme d'hypothèse est utilisé en des sens variés : il peut être utilisé pour désigner une proposition de dispositif, de protocole expérimental, permettant d'obtenir un effet souhaité (…). Il peut s'agir également d'une simple prévision, la situation expérimentale ayant été préalablement décrite » (Mathé et al., 2008, p. 58)

Face aux difficultés persistantes dans les différentes disciplines à engager des élèves dans une élaboration d'hypothèse ou de conjecture, notre étude contribue à questionner les connaissances professionnelles qui orientent le travail de préparation pour de telles situations d'enseignement et qui sont susceptibles de conférer du *sens* (Deleuze, 1969) à ces activités scolaires.

2.2. Le travail de préparation

Nous analysons le travail de préparation du point de vue de la dialectique qu'il entretient entre le processus auquel il correspond et ce qu'il produit (§ 2.2.1), de sa place dans l'activité enseignante (§ 2.2.2) et de sa complexité (§2.2.3).

2.2.1. Une dialectique processus-produit

La préparation d'une situation d'enseignement est le plus souvent désignée par les professeurs du secondaire par le terme « préparation » ou « préparation de cours », elle désigne aussi bien l'activité que sa forme matérielle (Fialip-Baratte, 2011, p. 119). Morisse (2011) différencie deux niveaux d'analyse possible d'une telle préparation :

> « en tant qu'objet, renvoyant à la partie visible du document [*fiche de préparation*], et en tant que processus, qui correspond à la partie invisible du métier de l'enseignant » (p. 147)

Nous proposons une recherche qui articule ces deux niveaux d'analyse. Nous nous intéressons au processus (la mise au travail des ressources) et à son produit (les ressources) dans des boucles itératives de conception au cours desquelles les ressources produites peuvent être révisées et donc ré-engagées dans l'activité. Notre étude présente par ailleurs l'originalité de renforcer l'articulation de ces deux niveaux d'analyse à partir de *métaressources* (§3.2.3) qui sont une description et explicitation écrite d'une préparation. Une métaressource donne ainsi une forme matérielle au processus. Nous désignons la préparation d'une situation d'enseignement par l'expression *travail de préparation* pour mettre l'accent sur l'activité, cette expression pouvant également désigner son produit.

2.2.2. Le travail de préparation, une activité à part entière

Nous mettons en évidence en quoi le travail de préparation est une activité reconnue par l'institution et les professeurs (§ 2.2.2.1) et par la recherche en éducation (§ 2.2.2.2).

2.2.2.1. Une activité reconnue par l'institution et les professeurs

Les textes institutionnels, en cours lors de la présente recherche, accordent une place significative au travail de préparation des professeurs. La circulaire de 1997, en cours jusqu'en 2013, définit les missions des professeurs du secondaire (MEN, 1997). Elle précise que, pour « exercer sa mission en classe », outre « connaître sa discipline », un enseignant doit « savoir construire des situations d'enseignement et d'apprentissage » (p. 3). En 2013, cette mission est réaffirmée dans une nouvelle circulaire (MEN, 2013). Elle est alors déclinée en compétence à maîtriser dans le « Référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation » où il s'agit de :

> « Savoir préparer les séquences de classe et, pour cela, définir des programmations et des progressions ; identifier les objectifs, contenus, dispositifs, obstacles didactiques, stratégies d'étayage, modalités d'entraînement et d'évaluation. » (p. 85)

En 2012, le ministère de l'éducation nationale a sollicité un rapport de l'inspection générale sur « les composantes de l'activité professionnelle des enseignants outre l'enseignement dans les classes » (MEN, 2012). Une enquête réalisée auprès de professeurs du secondaire met en évidence que la « préparation de cours » et la « documentation, formation et recherche personnelle », activités que nous relions directement au travail de préparation, représentent plus de la moitié du temps de travail hors classe (respectivement 43% et 11%, soit 11,5 heures hebdomadaires), (MEN, 2012, pp. 24-25). Cette activité couteuse en temps retient cependant l'intérêt et la reconnaissance des professeurs :

> « La préparation des cours est appréciée par la quasi-totalité des professeurs de façon très positive et considérée comme la partie la plus intéressante et la plus stimulante intellectuellement de leur métier. Activant le lien avec la discipline, auquel ils sont très attachés, elle leur pèse peu même quand elle prend beaucoup de temps. Son utilité n'est pas mise en doute » (MEN, 2012, p. 62).

Elle est reconnu par les professeurs comme faisant partie de leur « cœur de métier », avec « faire classe » et « corriger des travaux d'élèves », alors que les activités relevant de « l'évaluation des acquis des élèves », « le suivi de leur parcours », « les réponses aux besoins d'aide et d'accompagnement » et « le travail en équipe » sont ressenties comme s'ajoutant à l'ordinaire du métier (MEN, 2012, p. 95). Engager des professeurs dans une réflexion sur leur travail de préparation est donc susceptible de retenir leur attention, à la condition que celui-ci soit articulé à leurs pratiques :

> « Ecrit *pour faire* ou *faire-faire*, donc à visée décalée, elle [la préparation] ne prend sens véritablement aux yeux des enseignants que dans les activités qu'elle initie. » (Fialip-Baratte, 2011, p. 136)

Par ailleurs, cette activité possède un caractère privé et se déroule la plupart du temps en dehors de l'établissement :

> « Ils [les supports de cours] se conçoivent, évoluent et sont archivés, en dehors de l'école, dans un espace privé. » (Morisse, 2011, p. 163)

Les modalités du travail de préparation proposé au collectif étudié doivent prendre en compte ces caractéristiques du travail de préparation.

2.2.2.2. Une activité reconnue par la recherche en éducation

Depuis les années 1990, des recherches se développent pour comprendre le travail de l'enseignant. Les recherches relatives à l'activité hors classe des professeurs sont moins nombreuses que celles qui sont relatives aux activités dans la classe (Bressoux, 2002), cependant cette part de l'activité enseignante est de plus en plus étudiée et reconnue comme une activité professionnelle à part entière :

> « le travail enseignant excède l'activité en classe, même si elle fait l'essentiel du métier, au moins dans les représentations qu'en ont les acteurs et les usagers de l'école. » (Daunay, Fialip-Baratte, Hassan, Lahanier-Reuter, & Morisse, 2011, p. 9)

Les recherches qui se développent sur l'étude du travail de préparation des professeurs se focalisent sur des points de vue différents. Certaines focalisent sur l'activité hors classe comme par exemple les recherches de Bécu-Robinault (2007) ou de Coppé & Veillard (2009) qui étudient les connaissances mobilisées par un professeur lors de la préparation d'un cours de physique ou d'une leçon de mathématiques. D'autres s'intéressent à l'articulation de l'activité de préparation avec l'activité dans la classe, ces deux activités étant considérées comme indissociables :

> « L'action du professeur n'est pas une action qui se situe uniquement en classe. La planification des chapitres et des leçons, l'étude des documents sont des activités fondamentales du point de vue didactique et qui n'ont pas lieu principalement en classe. » (Margolinas, 2004, p. 73)

> « Les « pratiques de classe » désignent tout ce que dit et fait l'enseignant en classe, en tenant compte de sa préparation, de ses conceptions et connaissances en mathématiques et de ses décisions instantanées, si elles sont conscientes » (Robert, 2001, p. 66)

Dans cette perspective, Bru (1991) a étudié les « écarts entre prévision et réalisation », Altet (1994) s'est intéressé au « décalage pédagogique par rapport à la stratégie » et Chautard & Huber (1999) à « la gestion des imprévus » (Bressoux, 2002, pp. 23-24). Dans une double approche ergonomique et didactique, les travaux de Robert & Rogalski (2002) étudient l'activité du professeurs hors classe et dans la classe et les apprentissages des élèves, ils étudient ainsi les énoncés de mathématiques

préparés par le professeur, la gestion de classe et les activités des élèves. J. Rogalski (2003) étudie également les régulations opérées entre ces différentes activités.

Notre recherche se centre sur l'activité du professeur hors classe, en considérant son articulation avec l'activité dans la classe. Nous étudions le travail de production des ressources nécessaires à un projet d'enseignement, en articulation avec des analyses *a priori* et *a posteriori* que le professeur effectue sur les usages de ces ressources dans la classe.

2.2.3. **Une activité complexe**

Nous mettons en évidence dans ce paragraphe en quoi la gestion des choix à effectuer et celle de l'incertitude liée aux effets de l'activité préparée rend le travail de préparation complexe, et en quoi cette complexité est renforcée dans le cas des démarches d'investigation.

- ***Effectuer des choix***

Le travail de préparation est une attente institutionnelle (§ 2.2.2.1), mais il n'existe pas de prescription ou de recommandation officielle relatives aux supports à produire (Morisse, 2011). Leur forme est variable et déterminée par des logiques différentes :

> « La fabrication des supports de cours est donc soumise à des variations possibles et répond à des logiques d'action définies par le professionnel. » (Morisse, 2011, p. 148)

Nous considérons que les logiques d'action dépendent des apprentissages visés, du contexte d'enseignement, des connaissances professionnelles de l'enseignant, mais également des fonctions attribuées aux ressources produites. Si la conduite de classe est la fonction majeure, d'autres fonctions comme l'évaluation par l'institution des usages de ces ressources (visite d'un inspecteur ou d'un formateur), la mutualisation entre professeurs, l'information aux familles peuvent également orienter leur production.

Un professeur dispose d'une certaine autonomie dans la mise en œuvre d'un travail de préparation. Il dispose en effet d'une liberté pédagogique quant aux ressources mobilisées et à leur organisation didactique et pédagogique, et d'une liberté organisationnelle sur les lieux, les moments et la durée de son activité. Ces modalités du travail de préparation sont une spécificité française soulignée par Choppin (2005) à propos du manuel scolaire :

> « Première nation à avoir confié à son corps enseignant le droit de choisir librement ses outils, c'est, encore aujourd'hui, l'un des rares pays du monde où s'exerce dans le domaine du livre d'enseignement une triple liberté : liberté de la production, liberté du choix, liberté de l'utilisation ». (p.37)

Maggi (2003) définit la notion *d'espace discrétionnaire* comme « l'espace d'action où l'acteur peut choisir entre des alternatives, mais dans un milieu de dépendance » (p. 123). Valot (2006) reprend ce concept pour définir celui de *tâche discrétionnaire*, c'est-à-dire une *tâche,* ou une prescription (§ 2.4.3), dont le but est indiqué, mais dont le mode opératoire est laissé à la discrétion des acteurs.

Nous rapprochons le travail de préparation d'une *tâche discrétionnaire* dont le but est donné par les programmes, mais dont la mise en œuvre reste sous la responsabilité du professeur en interaction avec son institution (élèves, inspecteur, formateur, chef d'établissement, parents). Une tâche discrétionnaire attribue aux acteurs une part de liberté, mais elle augmente le temps de travail et le complexifie (Pastré, 2011b).

- ***Anticiper la conduite de classe pour mieux la réguler***

Dans l'activité enseignante, la relation à l'autres (les élèves, les collègues) est première. De telles activités génèrent de l'imprévisibilité :

> « Dans l'interaction entre humains, l'autre agit et réagit selon ses propres motifs et buts, sa compréhension de la situation, son investissement, sa relation à son interlocuteur, au cadre et à l'objet de l'interaction. Cela entraîne beaucoup d'imprévisibilité. » (Mayen, 2007, p. 53)

La conduite de classe nécessite une adaptation au comportement et aux réactions des élèves, elle relève de la gestion d'un *système dynamique* (Pastré, 2007 ; J. Rogalski, 2003) qui est soumis à des modifications et qu'il s'agit de réguler. Prendre en compte l'aspect dynamique de l'environnement de travail suppose une attitude proactive et réfléchie qui permet d'agir par anticipation plutôt que par rectification (Grangeat, 2011a). Une telle attitude facilite la régulation de l'activité du professeur et des élèves dans la classe :

> « les obstacles [*y*] sont perçus comme des éventualités souvent prévisibles et la régulation de l'action se fonde sur une anticipation stratégique qui sera ajustée en continu selon l'évaluation de ses effets. » (Grangeat, 2010b, p. 236)

Au moment de la préparation, le professeur ne dispose pas des éléments de retour permettant une analyse des effets de la situation préparée, ils sont différés dans le temps et dans l'espace. Préparer une situation d'enseignement nécessite donc de prévoir les situations auxquelles le professeur peut être confronté, sans pouvoir toutes les anticiper, et d'envisager des adaptations possibles. Il s'agit donc de réduire l'incertitude pour effectuer des régulations les plus adaptées possibles.

- ***Gérer les initiatives des élèves***

Les démarches d'investigation ont pour objectif d'accorder une responsabilité importante aux élèves vis-à-vis du savoir et de la démarche à suivre (Gueudet, Bueno-Ravel, Forest, & Sensevy, 2010 ; Mathé et al., 2008). Le professeur a en charge d'organiser le travail des élèves afin qu'ils puissent se saisir de cette responsabilité. Il s'agit d'aider les élèves à se mettre en situation d'investigation sans le faire à leur place :

> « comment aider l'élève à sortir du puits sans lui faire la courte échelle » (Fabre, 2009, p. 111)

Bressoux (2013) propose de repenser les formes de guidage et d'étayage ; dans cette perspective Fabre & Musquer (2009a) explorent les aides pouvant être apportés par des *inducteurs de*

problématisation (§ 3.4). Le changement de posture du professeur dans ce type de situation d'enseignement introduit de la complexité et accroit l'importance du travail de préparation :

> « Pour être fructueuses, les méthodes par investigation requièrent une préparation et des approches soigneusement réfléchies. » (Barron & Darling-Hammond, 2010, p. 210)

Cette analyse du *travail de préparation* nous permet de dégager qu'il s'agit d'une activité caractérisée par :

- des interactions du professeur avec ses ressources, ses collègues, les élèves ;
- une relative liberté pédagogique sur l'organisation du travail et son produit ;
- des anticipations rendues nécessaires par l'empan temporel existant entre le moment de la préparation et les interactions avec les élèves, et l'empan spatial entre les lieux de la préparation et la classe.

Cette activité, source d'incertitudes, est une activité complexe. Cette complexité est renforcée dans le cas des situations d'enseignement qui attribuent une forte responsabilité aux élèves dans les tâches à réaliser.

2.3. Le travail collectif enseignant

2.3.1. Travail collectif, collectifs et conceptualisations des enseignants

Les dimensions collectives constituent une caractéristique quasi universelle du travail humain, l'activité des professeurs n'échappe pas à cette caractéristique (Champy-Remoussenard, 2014, p. 8). La dimension collective du travail enseignant prend une importance croissante dans les prescriptions et les pratiques (Grangeat, Rogalski, Lima, & Gray, 2009). Le travail collectif enseignant ne se limite pas au « travail d'équipe au sens strict » (Grangeat, 2011b, p. 80). Il se manifeste par des interactions avec les élèves, les autres acteurs de l'école et des ressources autour de deux missions principales : la coordination nécessaire aux missions confiées (Grangeat, 2011b) ; la production des ressources nécessaires à l'activité (Gueudet & Trouche, 2010a). Dans ce métier, qui s'adresse à des enfants ou des jeunes, il permet de trouver des appuis auprès des pairs et de rompre la solitude, de dialoguer et de partager autour de l'expérience vécue, de s'engager dans des débats et des controverses professionnelles (Champy-Remoussenard, 2014). Il est susceptible de donner au professeur l'assurance de s'engager dans des activités professionnelles ressenties comme difficiles (Gueudet, 2010). En échangeant des informations sur son activité, il permet une réflexion sur son propre fonctionnement (Piot, 2005). Le travail collectif enseignant constitue ainsi un élément essentiel de la situation de travail des professeurs : il est une aide à l'action, un moyen d'adopter une posture réflexive sur l'action individuelle et collective, et de confronter les pratiques, les ressources et les représentations entre acteurs. Ces caractéristiques en font un moteur du développement des

connaissances qui orientent l'activité des professeurs (Grangeat, 2012b), dont l'activité de mise au travail de ressources pour l'enseignement (Gueudet, Pepin, & Trouche, 2013 ; Gueudet & Trouche, 2010b ; Hammoud, 2012). Les effets du collectif sont d'autant plus importants que les interactions qu'il engendre, instaurent des conflits entre les représentations des individus (Grangeat, 2010a). Dans le cadre de notre étude, nous retenons aussi bien les interactions sociales entre les professeurs du collectif que les interactions entre les professeurs et les ressources partagées dans le collectif.

Or, tous les collectifs n'instaurent pas le même type d'interactions et ne favorisent pas de la même façon le développement professionnel :

> « En effet, les enseignants ne peuvent apprendre seuls et ne peuvent développer seuls des compétences aussi complexes. Mais tous les groupes et collectifs ne se valent pas : il existe des conditions plus favorables que d'autres pour le développement professionnel et toute situation collective n'est pas un levier pour la formation. » (Grangeat, 2013, p. 7)

Le travail collectif est multiforme et varié, comme les collectifs au sein desquels il s'effectue. Il s'agit donc de caractériser les collectifs et leur fonctionnement pour pouvoir comprendre leurs effets possibles sur le développement des connaissances professionnelles qui orientent un WP_{HC}.

Grangeat (2008) analyse les caractéristiques d'un travail collectif à partir des deux *orientations* et des trois *structures* définies par J. Rogalski (1994). Il distingue une *orientation verticale* liée à des relations hiérarchiques à l'intérieur du collectif et une *orientation horizontale* dégagée de préoccupations hiérarchiques. Les trois structures sont décrites à partir de la *forme*, de la *fonction* et des *enjeux* du travail collectif (Grangeat, 2008, 2011b, 2012a) :

- la *collaboration* : les membres ont la même tâche prescrite, la fonction du travail collectif est *complétive* : les acteurs doivent ajouter leur force en étant le plus semblable possible, l'enjeu est une cohérence des actions ;
- la *coopération distribuée* : les membres partagent la même visée, mais les buts immédiats et les tâches, sont différents. La fonction du travail collectif est *intégrative* : les acteurs doivent combiner leurs spécificités sans perdre leur identité. L'enjeu est l'action de chacun dans un processus global, afin qu'elle soutienne celle des autres membres du collectif et que chacun tire bénéfice des actions des autres.
- La *coaction* : les membres exercent une activité parallèle et ont des interactions liées au contraintes matérielles (espace communs, ensemble de ressources) ou de temps partagés. La fonction du travail collectif est *débative* : ils confrontent leur point de vue. L'enjeu est la pertinence des interventions des individus. Il s'agit pour un acteur de comprendre et de contrôler les effets de son action sur soi et sur les autres.

La *collaboration*, la *coopération distribuée* et la *coaction*, dans une *orientation horizontale ou verticale*, conduisent à des interactions différentes entre les membres du collectif et leurs ressources

et sont donc susceptibles d'influencer différemment le développement des connaissances professionnelles. Nous analysons dans le § 2.3.3 quelle sont l'orientation et la structure du collectif susceptibles de favoriser des interactions entre professeurs de disciplines différentes.

Analysant des effets du travail collectif sur des évolutions des conceptualisations des enseignants, Grangeat et al. (2009) mettent en évidence le rôle de l'expérience professionnelle, mais surtout celui de l'implication des acteurs :

> « *L'expérience professionnelle* constitue un premier facteur important. L'âge influe sur les conceptualisations, d'abord positivement puis négativement : c'est entre 35 et 45 ans que les scores des sujets traduisent des conceptualisations des activités collectives qui sont à la fois plus étendues et mieux organisées. (…) *L'implication des acteurs* joue un rôle plus important que celui de l'expérience. De fait, lorsque les enseignants peuvent s'impliquer dans le travail collectif, leur niveau de conceptualisation est supérieur quel que soit leur âge. (…) Cependant, cette implication dépend à la fois des opportunités offertes par la situation et des dispositions des acteurs ; il s'agit donc bien d'un rapport des acteurs à la situation. » (Grangeat et al., 2009, p. 164)

Le travail collectif dépend donc de facteurs intrinsèques aux acteurs comme leur expérience, mais également des caractéristiques du collectif qui, d'une part donnent plus ou moins envie aux acteurs de s'impliquer, et d'autre part offrent plus ou moins d'opportunité d'interactions entre les individus et leurs ressources, ces opportunités n'étant pas toutes de même nature puisqu'elles dépendent de l'*orientation* et de la *structure* du collectif. Comprendre les effets du travail collectif sur les connaissances professionnelles implique donc de caractériser le collectif et les individus de ce collectif.

2.3.2. **Travail collectif et démarches d'investigation**

Face à la complexité de mise en œuvre des démarches d'investigation, des collectifs s'inscrivant dans un contexte d'accompagnement et de formation à ces démarches se sont mis en place en France comme dans d'autres pays. Dans le cadre du projet européen S-TEAM[12], Lebaud & Gueudet (2012) ont analysé, à partir d'une revue de littérature internationale, l'articulation existant entre l'organisation du travail collectif et des évolutions des pratiques des professeurs vers la mise en place de démarches d'investigation. Leurs analyses mettent en évidence les résultats suivants :

- Ces collectifs sont composés de professeurs et de chercheurs, ou/et de formateurs dont le positionnement varie : il s'agit soit de groupes de professeurs encadrés par des formateurs dans une visée de formation, soit de professeurs et de chercheurs qui engagent une collaboration pour accompagner les professeurs mais également pour produire des ressources et des savoirs ;

[12] Science Teacher Education Advanced Methods : http://www.s-teamproject.eu/

- Les professeurs sont impliqués dans la production et le test de situation d'enseignement dont les choix sont débattus et argumentés. Il s'agit donc de pratiques actives qui incitent à la réflexivité et qui se rapprochent d'une forme d'investigation ;
- Souvent ces collectifs reposent sur l'hypothèse implicite ou explicite qu'il existe une relation de similarité entre la manière dont est vécu le travail collectif et les pratiques d'enseignement ;
- L'analyse des pratiques des professeurs met en évidence qu'au cours du temps elles ont tendance à être plus favorables à la conduite de démarches d'investigation avec les élèves. Par exemple, elles attribuent aux élèves une plus grande responsabilité vis-à-vis du savoir en dépassant les questions de gestion strictement pédagogique et en portant davantage l'attention sur les savoirs en jeu à partir des productions des élèves (Lebaud, 2012).

Les *inquiry communities* ou *communautés d'investigation* étudiées par Jaworski (2004) dans le cadre du projet norvégien *Learning Communities in Mathematics* (LCM) sont des *communautés de pratique (Wenger, 2005)* pour lesquelles la démarche d'investigation est à la fois objet de l'enseignement et démarche de recherche ou de formation. Jaworski (2004) met en évidence que, dans ces collectifs, l'identité professionnelle des professeurs a tendance à évoluer pour intégrer des démarches d'investigation à leurs pratiques. Les *communautés d'investigation* se sont développées en dehors de la formation monodisciplinaire des professeurs de mathématiques. Lotter, Yow, &Peters (2014) mettent en évidence que des communautés d'investigation qui réunissent des professeurs de mathématiques et de science sont aussi source de développement professionnel : les professeurs acquièrent une vision commune des démarches d'investigation, un répertoire partagé et améliorent leurs pratiques pour ces démarches. Cette étude met également en évidence le rôle des chercheurs pour faciliter une réflexion entre des professeurs issus de disciplines différentes. Les chercheurs jouent ainsi le rôle de *broker* (Wenger, 2005).

Le rôle des chercheurs ou des formateurs semble d'une façon générale important pour que les interactions soient fructueuses :

> « La verbalisation de l'action, fréquente dans le quotidien scolaire, constitue une occasion de réflexion et de transformation des pratiques ; cependant, en l'absence de tiers externe à l'établissement, cette dernière ne sera pas nécessairement pertinente au regard des objectifs fixés au collectif. » (Grangeat, 2011b, p. 87)

En absence de tiers externe, des convictions partagées au sein du collectif, même non favorables aux démarches d'investigation, peuvent perdurer (Gueudet, 2010).

2.3.3. **Travail collectif entre les disciplines**

Samson, Hasni, &Ducharme-Rivard (2012) ont réalisé une recension d'écrits professionnels et scientifiques internationaux sur les approches interdisciplinaires entre sciences, technologies et

mathématiques dans l'enseignement secondaire. Ils dégagent trois grandes catégories de justifications à ce type d'approche. Il s'agit de favoriser :

- une compréhension des contenus disciplinaires qui soit plus profonde et davantage holistique ;
- une contextualisation des savoirs pour attribuer plus d'authenticité et plus de signification ;
- une plus forte motivation des élèves.

Ces approches impliquent un travail collectif entre disciplines. Nous analysons les freins et les leviers agissant sur le travail collectif entre professeurs de disciplines différentes (§ 2.3.3.1) ainsi que les apports de la codisciplinarité pour tenter de lever ces freins (§ 2.3.3.2).

2.3.3.1. Freins et leviers agissant sur le travail collectif entre disciplines

Des recherches sur des dispositifs interdisciplinaires en sciences et technologie du curriculum français, tels que les travaux personnels encadrés (Fortin, 2004), les itinéraires de découvertes (Magneron & Lebeaume, 2004) et l'enseignement intégré de sciences et de technologie (Coquidé, Fortin, & Lasson, 2013), mettent en évidence une forme de repli identitaire des enseignants du secondaire sur la discipline enseignée. Pour les professeurs du secondaire, la discipline est leur cœur du métier, c'est elle qui organise leur action. Elle détermine ainsi une *spécialité disciplinaire* qui est responsable des façons de faire et des manières de penser l'enseignement-apprentissage (Lebeaume, 2008). L'expression *spécialité disciplinaire* est choisie en référence à Martinand (1995) qui oppose les enseignants du primaire, *spécialistes* de l'enseignement scolaire de jeunes enfants, aux enseignants du secondaire, *spécialistes* d'une discipline scolaire. La spécialité disciplinaire est caractérisée par des dimensions épistémologiques et didactiques (savoirs, outils, méthodes, ressources) mais également sociales, qu'elles soient institutionnelles (modalités de recrutement, de formation, corps d'inspection) ou non (associations, listes de diffusion, réseaux professionnels).

Ces spécialités constituent des freins au travail collectif entre disciplines, même entre disciplines présentant certaines proximités - de prescriptions ou/et épistémologiques - telles que les mathématiques, les SVT, les SPC et la technologie (Lebeaume, 2008). Les textes des programmes ne sont pas suffisants pour permettre une prise en charge collective de ce type d'enseignement :

> « Ces tentatives pour parvenir à une véritable prise en charge conjointe et collective, par les enseignants eux-mêmes, de différents contenus et connaissances à transmettre sont matérialisées par des fléchages explicites et des renvois d'une discipline à l'autre. Les rendez-vous entre disciplines restent cependant le plus souvent manqués, pour des raisons théoriques (absence de repérage d'objets d'apprentissage commun) ou sociologiques (déficit de préoccupations relatives à d'autres champs disciplinaires). » (Coquidé, 2008).

Les professeurs s'imposent des *frontières de verre* (Lebeaume, 2007) qui les conduisent à s'interdire de pénétrer sur ce qui est considéré comme le territoire d'une autre discipline, soit qu'ils considèrent

qu'il ne relève pas de leur champ d'intervention, soit qu'ils ne s'en sentent pas légitimes. Ces frontières font que les professeurs ne connaissent que superficiellement les disciplines de leurs collègues (Hasni, 2005 ; Prieur et al., 2013a), ainsi que leurs pratiques (Degret, 2010). Elles limitent les relations entre les disciplines à des rapports de *voisinage* (Lebeaume & Valtat, 2007) fondés sur des relations de surface affinitaires ou conjecturelles qui privilégient une juxtaposition des actions, et se démarquent de relations de *voisinance* (ibidem) fondées sur des intentions volontaires et négociées qui engagent des actions conjointes d'enseignements coordonnés. Ainsi :

> « Ces rapports de voisinance sont, dans les différentes recherches, très faiblement en relief comme si le voisinage se satisfaisait de la connaissance de la discipline de l'autre limitée aux représentations sociales. » (Lebeaume & Valtat, 2007, p. 5)

Les spécialités disciplinaires sont susceptibles d'entretenir des formes de travail collectif entre les disciplines qui se heurtent aux écueils identifiés par Lenoir (2008), soit :

- une juxtaposition d'enseignements disciplinaires cherchant à se justifier par une thématique commune ;
- un assemblage d'éléments disparates puisés dans différentes disciplines scolaires sans analyse préalable de leur adéquation sur le plan épistémologique et didactique ;
- la recherche de réponse à des pratiques de la vie courante en en se cantonnant à la mobilisation de savoirs sans référence aux structurations conceptuelles des disciplines ;
- l'établissement d'une hiérarchie entre les disciplines qui conduit à gommer la spécificité de la discipline dominée qui est réduite à un état de servilité sinon de prétexte.

Nous illustrons ce dernier écueil par le ressenti exprimé par un professeur de mathématiques dans le cadre de la conduite de démarches d'investigation interdisciplinaires :

> « Les spécialistes des autres disciplines scientifiques attendent que les maths fournissent aux élèves des outils pour l'exploitation de modèles et considèrent les maths comme une "discipline-outils". L'idée que l'on puisse vouloir favoriser la curiosité intellectuelle leur échappe totalement » (Monod-Ansaldi & Prieur, 2011)

L'hégémonie d'une discipline sur l'autre peut également s'observer à propos des démarches mises en œuvre :

> « au nom du recours à l'interdisciplinarité, l'enseignement est conçu, soit comme l'application d'une démarche d'apprentissage unique (…) à toute situation d'apprentissage, soit comme l'utilisation réductrice du contenu d'une matière scolaire à titre de simple matériau (de faire valoir) pour l'enseignement d'une autre matière » (Lenoir, 2008, p. 24)

Lebeaume (2008) dénonce à ce titre la démarche expérimentale qui est érigée en modèle stéréotypé de l'enseignement des sciences, sans réflexion suffisante sur les différences entre les disciplines.

Face aux difficultés à développer un travail entre les mathématiques, les SVT et les SPC, qui engagent des actions conjointes d'enseignements coordonnés, des recherches se sont engagées dans

différentes directions. Certaines s'appuient sur des analyses didactiques et curriculaires (Coquidé et al., 2013 ; Hasni & Lebeaume, 2008), d'autres sur des analyses didactiques et épistémologiques (M Artigue, 2011 ; Chevallard, 2004). Pour prendre en compte la complexité de l'activité enseignante dans le cadre de tels collectifs, nous avons articulé des analyses didactique, épistémologique avec une analyses de l'activité (Aldon, Monod-Ansaldi, & Prieur, 2012). Notre recherche vise à poursuivre l'analyse de l'activité des professeurs dans le cadre d'un collectif de professeurs de mathématiques, SVT et SPC, en proposant des modalités qui soient recevables par les enseignants et qui soient susceptibles de favoriser des interactions.

2.3.3.2. La codisciplinarité comme forme de travail collectif entre disciplines

Blanchard-Laville (2000) a théorisé le concept de *codisciplinarité* pour décrire une forme de travail collectif entre chercheurs en éducation qui appartiennent à des disciplines différentes ou des champs disciplinaires se référant à des cadres théoriques différents. Le préfixe *co* renvoie à *cum* qui signifie *avec* et est utilisé pour mettre en avant une co-construction de sens à propos d'un même objet d'étude. La codisciplinarité s'appuie ainsi sur un travail de *co-pensée,* qui dans une approche psychanalytique, considère que les sujets ne pensent pas nécessairement la même chose à propos d'un même objet, mais que communiquer sa pensée à l'autre, permet d'éclairer et d'enrichir sa propre pensée. La codisciplinarité vise la construction de savoirs nouveaux à propos d'un même objet par une mise en synergie des disciplines, à partir de regards croisés et complémentaires qui s'enrichissent mutuellement sans chercher à gommer leurs spécificités.

Le concept de *codisciplinarité* a également été utilisé pour décrire des formes de travail collectif entre disciplines scolaires. Chevallard (2002), qui a analysé les places et les fonctions des disciplines dans le cadre des travaux personnels encadrés (TPE), met en évidence la faiblesse des liens entre les disciplines pour résoudre un problème. Il propose des démarches codisciplinaires, reposant sur une coopération entre les disciplines, pour respecter et articuler les positions épistémologiques de chacune :

> « L'un des principaux obstacles au projet de TPE demeure cependant la faiblesse des liens entre disciplines au sein de l'Ecole. (…) Contre la séparation disciplinaire, contre les tensions interdisciplinaires, qui sont du régime de l'épistémologie scolaire, la production de R [*une œuvre*] suppose en général une coopération disciplinaire, c'est-à-dire une pratique d'étude et de recherche véritablement codisciplinaire » (Chevallard, 2002, p. 8)

La codisciplinarité a ainsi pour objectif d'éviter « la fragmentation, l'enfermement, voire l'agressivité disciplinaires » qui touche aussi bien les professeurs que les didacticiens (Chevallard, 2004, p. 1)

Dans des travaux préalables, nous avons utilisé le terme *codisciplinarité* pour caractériser aussi bien le *travail collectif codisciplinaire* entre des professeurs de différentes disciplines (Aldon et al., 2012 ;

Prieur & Aldon, 2011), que *l'enseignement codisciplinaire* d'un professeur des écoles qui articule différents champs disciplinaires (Aldon, Monod-Ansaldi, & Prieur, 2014).

Nous définissons les collectifs codisciplinaires comme des collectifs possédant une organisation qui se dégage de *relations hiérarchiques* entre les disciplines, et qui se structure à partir d'une *coopération distribuée* (§ 2.3.1) : les membres partagent la même visée - une co-construction de sens - à partir de buts et d'actions qui sont propres aux disciplines ; les membres articulent leurs spécificités disciplinaires à partir d'interactions qui visent l'explicitation de l'activité et des représentations disciplinaires. Il s'agit d'une *coopération distribuée entre les disciplines*.

Dans notre recherche, nous proposons une telle forme de travail codisciplinaire entre des professeurs de mathématiques, SVT et SPC pour dépasser des freins liés aux spécialités disciplinaires et permettre une co-construction de sens à propos du WP_{HC}. Nous faisons l'hypothèse que des interactions codisciplinaires sont susceptibles de permettre une confrontation de points de vue entre les disciplines, dans le respect de chacune et ainsi de freiner des relations hiérarchiques entre les professeurs ; d'éviter des juxtapositions de points de vue sur le WP_{HC} ; d'aider à approfondir des dimensions épistémologique et didactique du WP_{HC} dans la discipline enseignée.

Nos analyses du travail collectif enseignant, dans le cadre des démarches d'investigation, et entre professeurs de disciplines différentes, nous permet de dégager des caractéristiques d'un collectif susceptibles de favoriser des évolutions des connaissances professionnelles qui orientent un WP_{HC}. Il s'agit d'un collectif :

- dont l'objet de travail, l'organisation et le fonctionnement soient acceptés par les professeurs afin qu'ils aient envie de s'impliquer ;
- qui favorise des interactions codisciplinaires entre les professeurs, aussi bien des interactions sociales que des interactions entre les professeurs et les ressources partagées dans le collectif ;
- qui est associé à un chercheur outillant l'explicitation des actions et des représentations des professeurs pour faciliter une intercompréhension entre les disciplines ; dont l'activité est en miroir celle des élèves, c'est-à-dire une production de ressources associées à un WP_{HC} qui reposent sur des choix pouvant être argumentés, débattus et testés, ces choix correspondant à des hypothèses didactiques ou/et pédagogiques implicites ou explicites.

2.4. Les connaissances professionnelles des enseignants

Les connaissances professionnelles des enseignants constituent un vaste champ de recherche. Nous situons les connaissances étudiées dans une approche historique de ce champ de recherche (§ 2.4.1 & § 2.4.2) avant de montrer les apports et limites de la *conceptualisation dans l'action* de la *didactique professionnelle* (Pastré, Mayen, & Vergnaud, 2006) pour notre étude (§ 2.4.3).

2.4.1. Vers une reconnaissance de la complexité des connaissances des enseignants

Jusque dans les années 1970, les travaux sur les connaissances des professeurs visent à identifier celles qui favorisent des pratiques efficaces (Durand, 1996). Les connaissances étaient envisagées comme une composante statique, une qualification, et leurs études visaient à identifier un socle de connaissances formelles nécessaires à l'enseignement (Abell, 2007). Les recherches s'inscrivaient alors dans le paradigme de recherche « processus-produit ». Elles étaient centrées sur l'observation de comportements observables, à partir d'une approche behavioriste de type stimulus-réponse. Les recherches, principalement quantitatives, consistaient en des mesures objectives des comportements directement observés en classe en termes de nature, mais surtout de fréquence visant à une description et une classification fines des comportements enseignants (Casalfiore, 2000). Dans une recherche d'efficacité, il s'agissait de montrer l'effet du comportement de l'enseignant (processus) sur les élèves (produit), la réussite des élèves étant souvent appréciée par des questionnaires avant et après enseignement (Vause, 2009). Une telle étude des connaissances ne suffit pas toujours pour prendre en compte la complexité des connaissances professionnelles des enseignants. Elle néglige les effets du contexte et les significations que l'enseignant accorde à l'acte d'enseigner (Vause, 2009), elle ne permet pas de prendre en compte les différentes temporalités du travail enseignant, en particulier le travail d'anticipation et de régulation (Durand, 1996).

Un changement de paradigme des recherches relatives aux connaissances des enseignants s'opère dans les années 1980 (Durand, 1996 ; Abell, 2007 ; Vause, 2009). On commence alors à s'intéresser aux processus de prise de décision des enseignants, à leurs connaissances pratiques, puis cette approche paraissant trop restrictive, elle se diversifie peu à peu pour prendre en compte d'autres aspects de leurs connaissances : leurs perceptions, leurs pensées, leurs jugements, leurs réflexions, leurs routines (Calderhead, 1996). Shulman (1986) participe à ces évolutions. Il souligne le manque de cadre, de références et d'intérêt de la communauté des chercheurs pour étudier les connaissances des enseignants, qui constituent pour lui « missing paradigm » (Shulman, 1986, p. 6). C'est sous son impulsion qu'apparaissent les notions de croyances et de connaissances des enseignants (Vause, 2009).

2.4.2. Apports et limites des travaux de Shulman

Shulman (1986, 1987) est dans les premiers à exprimer que les connaissances des enseignants ne peuvent se limiter à la maîtrise des contenus à enseigner. Il cherche alors à identifier les connaissances essentielles pour l'enseignement d'un contenu et il définit les *content knowledge* (connaissances du contenu disciplinaire), les *curriculum knowledge* (les connaissances du programme) et les *pedagogical content knowledge* (les connaissances pour enseigner un contenu) (Shulman, 1986). Ces dernières, les PCK sont un amalgame spécifique à chaque enseignant, elles articulent des connaissances pédagogiques et disciplinaires. Ce sont pour Shulmann les éléments clés des connaissances professionnelles (Crahay, Wanlin, Issaieva, & Laduron, 2010). Ces travaux sont repris et complétés par différents auteurs tels que Grossman, Wilson, &Shulman (1989) et Magnusson, Krajcik & Borko (1999). Les catégorisations proposées par ces auteurs permettent de caractériser finement les différents types de connaissances mobilisées par les professeurs. Elles sont utilisées dans les travaux de didactiques des sciences pour caractériser les connaissances en jeu dans la préparation et la conduite de situation d'enseignement (Bécu-Robinault, 2007 ; Hammoud, 2012 ; Jameau, 2012). Les catégories proposées ne disent cependant rien sur la nature de ces connaissances professionnelles des enseignants, sur la façon de les repérer et de les analyser. Comme le met en évidence Cross (2012), à propos des connaissances pédagogiques liées au contenu :

> « l'approche en termes de PCK est une catégorisation des connaissances des enseignants, mais n'offre pas de véritable théorisation de ce que sont ces connaissances » (p. 18).

2.4.3. Les apports de la didactique professionnelle

Née en France, à la fin des années 1990, la didactique professionnelle interroge de façon spécifique la relation entre l'activité professionnelle et les apprentissages (Pastré et al., 2006). Elle se place dans une perspective de développement cognitif tout au long de la vie, dans le cadre des situations de travail. Initialement tournée vers les métiers de l'industrie, elle s'est ensuite intéressée aux métiers « de service » pour lesquels les acteurs interagissent avec d'autres acteurs comme l'enseignement.

- ***Une conceptualisation dans l'action***

La didactique professionnelle se centre sur un modèle de développement du sujet orienté vers l'action qui dit « je peux » avant même de dire « je sais », autrement dit un *sujet capable* qui apprend et se développe par l'action (Rabardel, 2005a, p. 12). Elle s'intéresse aux conceptualisations qui sont au cœur de l'activité et qui se poursuivent au-delà de l'activité. Samurçay & Rabardel (2004) distinguent ainsi l'*activité productive* du sujet, celle qui vise à transformer le réel qui concerne les pratiques et qui s'arrête en fin d'action, et l'*activité constructive* ni forcément voulue ou consciente qui correspond à la transformation du sujet agissant sur le réel et qui se poursuit après la fin de l'action. Elle consiste à élaborer de nouvelles connaissances sur l'action, sur son contexte, sur ses

destinataires ou sur soi en tant que professionnel, elle concerne les conceptualisations (Grangeat, 2011a).

Pastré (2011a) comme Vergnaud (1996) reconnaissent l'importance d'un retour réflexif sur l'activité pour stimuler les conceptualisations en jeu dans l'action :

> « L'apprentissage résulte de la conjonction de deux processus : il y a apprentissage par action, il y a apprentissage par analyse de sa propre action. » (Pastré, 2011a, p. 45).
>
> « Il est aussi de montrer que la conceptualisation sous-jacente à l'action ne se suffit pas toujours à elle-même, et qu'elle est profondément transformée lorsqu'elle est explicitée, débattue et organisée en un système cohérent de concepts, de principes et d'énoncés » (Vergnaud, 1996, p. 276)

Les connaissances professionnelles que nous étudions sont les connaissances qui orientent *l'activité productive* de conception de ressources. Pour soutenir leur construction au cours de l'activité mais également au-delà, il est important de donner aux professeurs les moyens d'adopter une posture réflexive sur leur activité. Notre méthodologie implique les professeurs dans une *réalisation d'investigation réflexive* (§ 5.2) qui est un dispositif pour favoriser des préparations et des analyses collectives de situations d'enseignement.

- ***Le couple tâche-activité***

Afin de distinguer les connaissances requises, des connaissances qui orientent l'activité réelle des professeurs, nous utilisons les notions de *tâche* et d'*activité* définies par Leplat & Hoc (1983) :

> « la tâche indique ce qui est à faire, l'activité ce qui se fait. La notion de tâche véhicule avec elle l'idée de prescription, sinon d'obligation. La notion d'activité renvoie, elle, à ce qui est mis en jeu par le sujet pour exécuter ces prescriptions, pour remplir ces obligations. » (pp. 50-51)

Cette distinction tâche/activité nous permet également de différencier, dans une préparation de situation d'enseignement, ce qui est prévu de demander aux élèves (les tâches), de l'activité réelle engendrées par ces tâches.

- ***Le couple schème-situation***

Vergnaud (1996) s'appuie sur le concept de *schème* pour décrire et comprendre les conceptualisations en jeu dans l'activité. Pour lui, l'activité est une adaptation à la *situation*[13] :

> « Au début n'est pas le verbe, encore moins la théorie. Au début est l'action ou mieux encore l'activité adaptative d'un être dans son environnement. C'est par l'action que commence la pensée : plus exactement et plus complètement par l'action, la prise d'information sur l'environnement, le contrôle des effets de l'action, et la révision éventuelle de l'organisation de la conduite. » (Vergnaud, 1996, p. 275)

[13] Le terme *situation* est ici relié à un schème, il est utilisé dans un autre sens que celui correspondant aux expressions « situation d'enseignement », « situation didactique », « situation de travail » utilisées dans ce manuscrit qui, elles, se réfèrent toutes à l'environnement de l'élève ou du professeur.

Ce couplage de l'activité à la situation détermine les caractéristiques du schème de Vergnaud (Pastré, 2011a). Premièrement, un « schème est une totalité dynamique fonctionnelle » (Vergnaud, 1996, p. 283), c'est un tout composé de quatre éléments indissociables qui oriente l'activité dans une situation donnée. Les éléments d'un schème sont les suivants :

- des *buts et anticipations* qui donnent au schème sa fonctionnalité ;
- des *règles d'action* qui engendrent au fur et à mesure le décours temporel de l'ensemble de l'activité, elles engendrent les actions matérielles mais encore les prises d'information et de contrôle ;
- des *invariants opératoires* qui correspondent à la partie cognitive du schème, ils permettent de prélever et de sélectionner dans la situation, l'information pertinente, et d'en inférer des conséquences utiles pour l'action ;
- des *inférences en situation* qui s'appuient sur de nouvelles prises d'informations dans le décours temporel de l'activité assurant ainsi son contrôle et sa régulation.

Nous considérons cette première caractéristique du schème comme précieuse pour analyser et comprendre l'organisation du travail de préparation des professeurs.

Deuxièmement, un « schème est une organisation invariante de la conduite pour une classe donnée de situations » (Vergnaud, 1996, p. 283), c'est-à-dire que l'organisation de la conduite est invariante pour un ensemble de situations possédant des caractéristiques similaires. Cette deuxième caractéristique, la relation du schème, non pas à une situation, mais à une *classe de situations*, confère au schème son efficacité pour l'action :

> « un schème n'est pas un stéréotype, et un même schème peut engendrer des conduites relativement différentes en fonction des situations singulières auxquelles il est amené à s'adresser. » (Vergnaud, 1996, p. 283, 284)
>
> « S'il n'y avait que de l'invariance, le schème serait disqualifié au moindre changement de circonstance (…). Mais s'il n'y avait que de l'adaptation, l'action serait tellement opportuniste qu'elle manquerait totalement d'efficacité » (Pastré, 2005a, p. 238).

Cette caractéristique invariante et flexible du schème nous parait très intéressante pour comprendre la pertinence de la conduite d'une activité, mais nous semble difficile à apprécier dans le contexte de notre recherche pour des raisons méthodologiques. Pour s'assurer de l'invariance de la partie cognitive d'un schème identifié, il est nécessaire de s'assurer que l'invariant opératoire considéré a déjà été mobilisé ou est remobilisé dans une même situation, mais également dans d'autres situations appartenant à la même classe de situations. Or le WP_{HC} ne correspond pas à des situations fréquemment préparées par les professeurs. Il est donc difficile d'observer plusieurs fois la mobilisation d'un schème par un même professeur sur la durée de notre expérimentation.

Nous choisissons d'étudier les connaissances professionnelles qui permettent d'agir en situation à partir des *savoirs-processus* organisés en *modèle opératif* (§ 3.3). Un savoir-processus est une modélisation des connaissances professionnelles, voisine du schème qui ne prend pas en compte son élément invariant, propre au sujet mais qui permet de rendre plus facilement explicitable à d'autres l'organisation de son activité (§ 3.3.1.1).

Qu'il s'agisse des schèmes ou des savoirs-processus, nous ne considérons pas qu'il s'agisse d'une description de l'activité effective des sujets en situation mais d'une modélisation des connaissances qui contribuent à une intelligibilité de l'organisation de l'activité des individus.

2.5. Visées de la recherche

Après avoir réalisé une étude quantitative des *représentations professionnelles* (§ 1.1) de professeurs de mathématiques, SPC, SVT et technologie sur les démarches d'investigation, nous nous intéressons aux *connaissances professionnelles* (modèle opératif et savoirs-processus) qui sont en jeu pour préparer des situations d'enseignement qui engagent les élèves dans l'élaboration d'hypothèses en sciences (SPC et SVT) ou de conjectures en mathématiques. Ce travail de préparation (WP_{HC}) est une activité complexe de mise au travail de ressources, qui nécessite des connaissances professionnelles spécifiques. Comment organiser le travail de préparation pour favoriser le développement de ces connaissances professionnelles ?

Nous faisons l'hypothèse que des *interactions codisciplinaires* entre professeurs de mathématiques, de SPC et de SVT, sont susceptibles d'être un moteur de leur développement. Cette recherche a pour objectif, à partir d'une étude de cas :

- de dégager des conditions susceptibles de favoriser des interactions codisciplinaires au sein d'un collectif constitué de professeurs de SVT, SPC et mathématiques. Les interactions codisciplinaires visées sont aussi bien des interactions sociales que des interactions entre les professeurs et les ressources partagées par le collectif ;
- d'analyser des évolutions des connaissances professionnelles qui orientent un WP_{HC} au sein d'un collectif possédant de telles modalités de fonctionnement.

Cette recherche croise des préoccupations du programme de recherche ReVEA qui étudie le travail des professeurs pour/avec des ressources dans quatre disciplines (mathématiques, physique/chimie, anglais et technologie) et dans les enseignements pluridisciplinaire mathématiques, SPC, SVT.

3. Cadrage théorique de la recherche

Nous présentons dans cette partie les cadres et références théoriques de la recherche. *L'approche documentaire du didactique* constitue le cadre théorique pivot de notre étude (§ 3.1). Nous le prolongeons par une élaboration théorique sur les métaressources (§ 3.2) et l'articulons avec la modélisation du *modèle opératif* et celui du *savoir-processus* (3.3). Ces éléments théoriques nous permettent d'étudier le travail des professeurs avec leurs ressources et les connaissances professionnelles qui sont en jeu. Afin d'étudier les spécificités des connaissances de l'activité étudiée nous articulons les modèles de connaissances choisies avec le cadre de la *problématisation* (§ 3.4). Nous terminons en mettant en évidence l'articulation de nos cadres et références théoriques et présentons notre question et notre hypothèse de recherche (§ 3.5).

3.1. L'approche documentaire du didactique

Les métamorphoses numériques des environnements dans lesquels se déploie l'enseignement des mathématiques, en particulier dans les années 2000 avec l'émergence de l'Internet, induisent un bouleversement dans les ressources et dans l'activité des professeurs. C'est dans ce contexte que Gueudet & Trouche (2008) ont développé *l'approche documentaire du didactique.* Ce cadre prolonge *l'approche instrumentale* (Guin & Trouche, 1999) qui articulait la didactique des mathématiques et *l'ergonomie cognitive* (Rabardel, 1995). Il s'agit d'une nouvelle approche du travail enseignant qui s'intéresse au travail hors classe articulé au travail en classe, et qui considère les interactions avec les ressources comme des éléments majeurs de l'activité des enseignants et de leur développement professionnel (Gueudet & Trouche, 2010a). Développé pour l'étude du travail des professeurs de mathématiques, ce cadre a été utilisé et mis à l'épreuve dans d'autres contextes disciplinaires : en biologie (Shaaban, 2014) et en SPC (Dames Alturkmani, 2015 ; Hammoud, 2012). Depuis 2014 il est aussi utilisé dans le programme de recherche ReVEA en SPC, SVT, technologie et anglais. Nous présentons les caractéristiques principales de l'approche documentaire du didactique en mettant en évidence comment elle nous permet d'étudier le travail collectif codisciplinaire engagé par les professeurs avec leurs ressources et les connaissances qui lui sont associé. Nous présentons les caractéristiques des genèses documentaires (§ 3.1.1), différents concepts associés au terme « ressource » pour clarifier le travail des professeurs avec leurs ressources (§ 3.1.2) et les aspects collectifs des genèses documentaires (§ 3.1.3).

3.1.1. Genèse documentaire et développement professionnel

Pour prendre en compte la diversité de ressources avec lesquelles un professeur interagit au cours de son activité professionnelle, Gueudet & Trouche (2010a) définissent une ressource comme « tout ce qui est susceptible de re-sourcer le travail des professeurs » (p. 57). Il s'agit de ressources

matérielles, numériques, mais également d'interactions avec des élèves ou des collègues. Le terme « re-sourcer » est emprunté à Adler qui propose de « penser ressource comme re-source » (Adler, 2010, p. 25) pour attirer l'attention non seulement sur leur diversité mais également sur leurs usages. Gueudet & Trouche ont étendu les concepts fondamentaux de *l'approche instrumentale* à *l'approche documentaire du didactique* pour étudier les ressources des professeurs et leurs usages associés. Nous précisons la signification des notions d'*artefact*, d'*instrument* et *de genèse instrumentale* de l'approche instrumentale de Rabardel (1995) en mettant en évidence à partir des articles Gueudet & Trouche (2008) et Gueudet & Trouche (2010a) comment ces concepts sont étendus à l'approche documentaire du didactique pour caractériser une *ressource*, un *document*, un *travail documentaire* ou encore une *genèse documentaire.*

Un *artefact* est un produit de l'activité humaine, matériel ou symbolique, réalisé pour s'inscrire dans une activité finalisée. Un *instrument* est un artefact inscrit en situation par un sujet, c'est une entité mixte composée de l'artefact et du schème d'utilisation associé, un *schème* (§ 2.4.3) étant une organisation invariante de l'activité. Un même artefact peut être utilisé dans des situations diverses, de façon analogue un même schème peut piloter les usages de différents artefacts, dans un cas comme dans l'autre cela engendre des instruments différents. La naissance ou le développement d'un instrument sont le fait du sujet, ils résultent d'une *genèse instrumentale* qui implique deux processus imbriqués :

- un processus d'*instrumentalisation,* dirigé vers l'artefact, qui consiste à le transformer pour le mettre à sa main. Ce processus, qui conduit à transformer le réel, relève de *l'activité productive* (§ **2.4.3**) ;
- un processus d'i*nstrumentation*, relatif au sujet, qui conduit à l'émergence et à l'évolution des schèmes. Ce processus, qui correspond à la transformation du sujet agissant sur le réel, relève de *l'activité constructive* (§ **2.4.3**).

Dans l'approche documentaire du didactique, la *dialectique artefact-instrument* proposée par Rabardel (1995) est reprise et adaptée pour caractériser les pratiques des professeurs avec leurs ressources et les effets de ces pratiques sur leur développement professionnel. Le travail du professeur, qui articule étroitement conception et usages de ressources pour produire la matière de son enseignement, est désigné par l'expression *travail documentaire*. Même si le caractère individuel du professeur est souvent pointé, son travail documentaire n'est pas isolé, il est conduit volontairement ou involontairement, en interaction avec d'autres, dans le cadre d'une institution ou d'une organisation :

> « il construit sa documentation pour lui-même, mais aussi pour ses élèves, il la construit dans un faisceau d'assujettissements institutionnels (les programmes, les parents, la société) ; il rencontre d'autres professeurs à des occasions contraintes (conseils

d'enseignement, conseils de classe…) ou choisies (associations, réseaux…). » (Gueudet & Trouche, 2008, p. 17).

Le travail documentaire s'inscrit dans un double mouvement d'instrumentalisation et d'instrumentation. Dans un mouvement d'*instrumentalisation,* le professeur sélectionne, révise, organise des ressources pour réaliser son projet d'enseignement, dans un mouvement d'*instrumentation*, les ressources, leurs usages possibles ou effectifs, questionnent les schèmes du professeur, voire les modifient. De ce double mouvement, ou *genèse documentaire*, résulte un *document* qui est une entité mixte composée de *ressources recombinées* et d'un *schème d'utilisation*. Les *invariants opératoires* des schèmes qui pilotent les usages des ressources constituent les *connaissances professionnelles des enseignants.* Un schème étant lié à une *classe de situations* (§ 2.4.3), un document est ainsi disponible pour la classe de situations ayant recourt aux même(s) invariant(s) opératoire(s).

Ces constituants de la genèse d'un document qui fondent l'approche documentaire du didactique sont illustrés par la Figure 1.

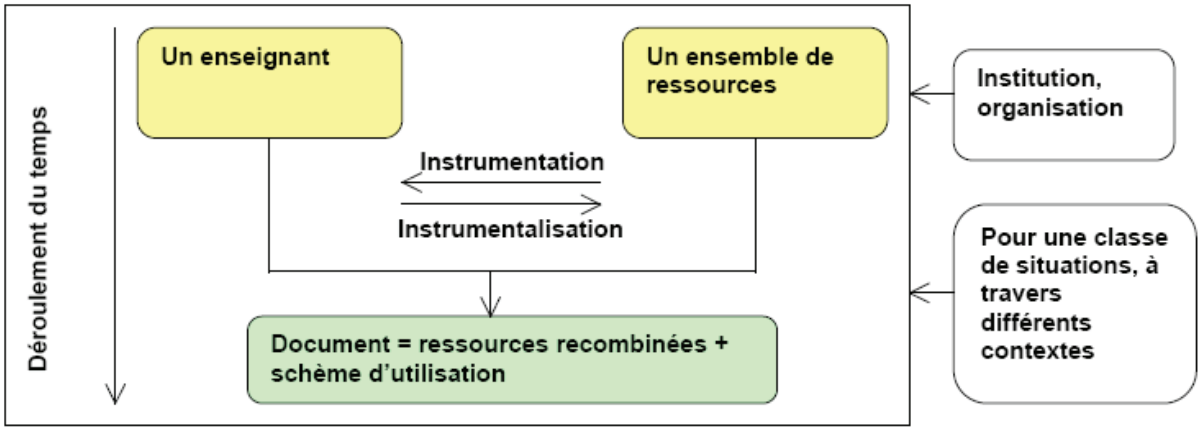


Figure 1 : Représentation schématique de la genèse d'un document (Gueudet & Trouche, 2010a, p. 59)

La genèse d'un document ou *genèse documentaire* s'inscrit dans le temps avec des moments de stabilité et des ruptures. Elle n'a pas un début et une fin, elle « ne désigne jamais une création ex nihilo » (Gueudet & Trouche, 2009, p. 59). Elle prend appui sur des ressources du professeur ou/et sur des schèmes existants, mais elle peut également intégrer de nouvelles ressources sélectionnées et/ou générer de nouveaux schèmes (*ibidem)*. Ces transformations de ressources et de schèmes prennent lieu dans une *conception dans l'usage* (Rabardel, 2005a), c'est-à-dire qu'elles sont révisées au fil de leur utilisation dans un jeu entre les ressources et les pratiques des professeurs. Les genèses documentaires produisent ainsi des « ressources vivantes, c'est-à-dire des ressources qui évoluent par et pour leurs utilisateurs » (Guin, Joab, & Trouche, 2008, p. 8), elles « s'entrelacent avec des

genèses conceptuelles » (Gueudet & Trouche, 2010a, p. 70), c'est-à-dire qu'elles sont orientées par des conceptualisations et qu'en retour ces conceptualisations peuvent s'en trouver modifiées.

Nous envisageons la conception de ressources liées au travail de préparation comme un processus mettant en jeu des *instrumentalisations et des instrumentations* de ces ressources. Nous nous intéressons aux genèses professionnelles liées à ces genèses documentaires. Nous étudions pour cela les ressources utilisées et produites, les connaissances professionnelles qui orientent la mise au travail des ressources et les évolutions de ses connaissances suite à leur utilisation et aux révisions qui s'en suivent. Nous privilégions ainsi l'étude du travail hors classe, au sein d'un même établissement, sans négliger les effets du travail en classe. Nous nous démarquons de l'approche documentaire du didactique par la conceptualisation choisie pour étudier la part connaissance d'un document. Comme nous l'avons justifié dans le § **2.4.3**, nous n'utilisons pas le modèle du *schème* mais celui du *savoir-processus* que nous présentons dans le § 3.3.

3.1.2. Les ressources et leur organisation

Nous présentons comment les ressources d'un professeur sont structurées et organisées à partir de son activité (§ 3.1.2.1) et comment différencier les différents types de ressources que nous convoquons pour l'étude du travail documentaire des professeurs (§ 3.1.2.2).

3.1.2.1. Système documentaire et système de ressources

Gueudet & Trouche (2010a) empruntent également à l'approche instrumentale pour décrire l'organisation des ressources et des documents d'un professeur. Pour Rabardel (2005b) un instrument n'est pas isolé, il est associé à un ensemble d'autres instruments permettant de répondre à une classe de situation donnée. Les instruments sont ainsi structurés en *systèmes d'instruments* dont l'organisation dépend de l'activité de l'individu :

> « Les instruments ne sont pas isolés (…). Ils ont été mobilisés au fil de l'action, en fonction de buts et des besoins opérationnels du moment. C'est la logique de notre activité située concrète et singulière qui (…) a organisé les relations de complémentarité fonctionnelle entre les instruments et les séquences temporelles de leurs usages successifs ou concomitants. (…). Les ensembles d'instruments liés entre eux et articulés aux différents niveaux de structuration des situations sont organisés en systèmes d'instruments et plus généralement de ressources qui correspondent, dans le champ du travail, aux domaines d'activités ou d'intervention. » (pp. 258-259)

Dans cette perspective, Gueudet & Trouche (2010a) appellent *système documentaire* l'organisation des documents d'un professeur, cette organisation étant liée à celle de son *système d'activité.* Un système d'activité regroupe des *familles d'activités* orientées vers une même finalité générale, les familles d'activité regroupant des classes d'activité caractérisée par leur dimension invariante (*ibidem)*. Le *système de ressources* est l'ensemble des ressources, organisées par le professeur, qui

entrent dans la composition de son système documentaire. Le modèle des savoirs-processus que nous utilisons pour analyser la partie connaissances des documents ne retient pas l'élément constitutif du schème « invariant opératoire » qui fonde la classe d'activité, il ne nous est donc pas possible d'identifier des classes d'activité dans les systèmes d'activités des professeurs de notre étude. Nous analysons la structuration de leur système d'activité, et des systèmes de ressources et de documents associés, à partir de l'unité *famille d'activité*. Le WP_{HC} qui vise à engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures est ainsi une famille d'activité dont nous analysons les systèmes de ressources et de documents correspondant. En intégrant de nouvelles ressources à cette famille d'activité, les genèses documentaires contribuent au développement du *système de ressources* des professeurs, en transformant les savoirs-processus ou en les associant à d'autres ressources, elles contribuent au développement de leur *système documentaire*. Le système de ressources et le système documentaire d'un professeur sont des *systèmes dynamiques* susceptibles d'être enrichis et restructurés par les genèses documentaires. Pour chacun des professeurs du collectif étudié, les évolutions de son système de ressources et de son système documentaire sont un moyen d'apprécier s'il s'engage dans des genèses documentaires (§ **5.3**).

3.1.2.2. La diversité des ressources d'un travail documentaire

Les ressources qui entrent en jeu dans un travail documentaire peuvent être décrites différemment selon les objectifs visés. Nous retenons pour notre étude des concepts pour : (1) situer les ressources dans le décours d'un travail documentaire ; (2) caractériser la constitution des ressources ; (3) caractériser leur rôle dans le système de ressources ou dans le système documentaire.

- ***(1) Ressource mère, ressource fille et constituants d'une ressource fille, ressource intermédiaire.***

Hammoud (2012) a introduit les notions de « ressource mère », « ressource fille » et « ressource intermédiaire » (p. 46) pour différencier les ressources en jeu dans le décours d'un travail documentaire. Les *ressources mères* correspondent à l'ensemble des ressources, repérables et explicitables par le professeur, qui sont mobilisées pour préparer un enseignement donné. Une *ressource fille* est une ressource finalisée prête pour une mise en œuvre en classe. Une *ressource intermédiaire* est une version intermédiaire de la ressource-fille produite au cours du processus de conception. Nous retenons ces distinctions qui sont indispensables pour décrire les ressources utilisées et produites par les professeurs au cours d'un WP_{HC}. Dans le cas de la conception d'une situation d'enseignement, la ressource fille est le plus souvent constituée d'un ensemble de ressources, par exemple une fiche d'activité pour les élèves, d'un diaporama, d'un résumé du cours, d'un matériel expérimental ou encore d'un logiciel. Nous introduisons le terme

de *constituant* d'une ressource fille pour pouvoir désigner ces différentes ressources. Il permet de prendre en compte le découpage de la ressource fille en unité plus simple.

- ***(2) Niveaux constitutifs d'une ressource***

Gueudet & Trouche (2009) décrivent la constitution d'une ressource non pas à partir du grain de ses éléments constitutifs mais à partir de ses *niveaux constitutifs* : « le niveau des supports », « le niveau des contenus » et « le niveau des éléments relatifs à l'exploitation en classe, à la planification, analysables en termes d'organisation didactiques » (p. 6). Nous reconnaissons ces trois niveaux pour décrire les ressources mères pointées comme essentielles par les professeurs (§ 6.2.1.1). Par exemple la ressource du professeur de SPC (Encadré 7, § 6.2.1.1) présente les niveaux suivants : le premier niveau est un fichier numérique, le second est lié à la discipline, il s'agit du modèle du trajet des rayons lumineux qui expliquent la couleur des objets et le troisième correspond aux objectifs, au dispositif expérimental et aux tâches qui sont donnés aux élèves.

Pour décrire les *métaressources* (§ 3.2) qui ont pour objectif de mettre les professeurs en posture réflexive sur leur activité, nous introduisons un quatrième niveau constitutif, le *niveau de l'explicitation*. Ce niveau correspond à des descriptions et des justifications du travail documentaire ou encore des prévisions sur les usages des ressources produites. Le niveau de l'explicitation d'une métaressource est exemplifié dans le Tableau 2.

Description	**Justification**	**Prévision**
Nous avons modifié un peu la formulation et affiné le timing de l'activité.	L'idée principale de la modification du texte est que d'abord, les élèves ont quelque chose à chercher : « combien …? ».	Je ne pense pas que les élèves évoquent le périmètre ou l'aire.

Tableau 2 : exemple de caractérisation du niveau de l'explicitation d'une métaressource

- ***(3) Ressource pivot***

Le concept *d'instrument pivot* (Rabardel & Bourmaud, 2005) a été emprunté pour désigner les *documents pivots* (Gueudet & Trouche, 2009) et les *ressources pivots* d'un professeur (Gueudet & Trouche, 2010a). Une ressource pivot est définie de la façon suivante : c'est une ressource qui occupe une place centrale dans le système documentaire d'un professeur, elle est engagée dans plusieurs familles d'activité et participe de leur articulation. Retenant cette définition nous précisons en quoi consistent les articulations attendues par une ressource pivot pour l'étude du WP_{HC}.

Une ressource pivot favorise des articulations entre des ressources mères pouvant être issues de situations d'enseignement ayant d'autres visées que l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Elle favorise également des articulations qui s'inscrivent dans l'espace et dans le temps permettant ainsi l'articulation entre le travail hors classe et dans la classe, et entre une situation d'enseignement passée, actuelle et à venir.

Les articulations dans l'espace et le temps sont contenues dans la caractérisation d'un *document pivot* proposée par Gueudet & Trouche (2009) :

> « ils jouent aussi un rôle privilégié sur l'axe temporel. En effet ils concentrent la mémoire de ressources anciennes, qui peuvent avoir subi de nombreuses transformations, être entrées dans la constitution de documents successifs. Et ils interviennent aussi lors de l'intégration de ressources nouvelles ». (p. 13)

3.1.3. Les aspects collectifs des genèses documentaires et des genèses professionnelles

En s'inscrivant dans une institution (§ 3.1.1), le travail documentaire des professeurs est nécessairement collectif. Les apports du numérique, qui favorisent les échanges et le partage de ressources entre les professeurs, leurs collègues et les élèves, comme les évolutions curriculaires qui impliquent un enseignement à plusieurs disciplines ou une re-documentation des professeurs d'une même discipline, renforcent les aspects collectif du travail documentaire (Gueudet & Trouche, 2008). Etudier les aspects collectifs du travail documentaire nécessite de prendre en compte la diversité des collectifs avec lesquels un professeur interagit (ex : collectif disciplinaire de l'établissement, collectif des professeurs de la classe, collectif associatif), une diversité de systèmes de ressources (ceux des individus, ceux du ou des collectifs), et la dimension temporelle qui permet des évolutions (Gueudet & Trouche, 2010b).

Gueudet & Trouche (2010b) se réfèrent à la *théorie des communautés de pratique (Wenger, 2005)* pour étudier les aspects collectifs du travail documentaire. La théorie sous-jacente à notre approche est la *Théorie de l'activité* (Engeström, 1987) qui constitue selon Gueudet & Trouche (2008) une des sources de l'approche instrumentale. Cette théorie considère que l'activité d'un individu dans un contexte donné est sous-tendue par son *système d'activité* qui est dirigé vers un but, en interaction avec des ressources et une *matrice sociale*, c'est-à-dire un réseau d'individus dont le fonctionnement est déterminé par des règles et une division du travail. Cette théorie est davantage en adéquation avec notre objet d'étude, notre questionnement et la modélisation des connaissances professionnelles choisie. En effet, les communautés de pratique sont considérées comme des regroupements naturels, or le collectif étudié est un collectif initié et structuré par le chercheur ayant peu de chance d'émerger naturellement (§ 5.1.1.4). Par ailleurs, notre recherche se centre sur les effets des interactions codisciplinaires sur des évolutions des savoirs-processus qui orientent le travail documentaire, les modalités du travail documentaire codisciplinaire étant définies par la matrice sociale qui dépend des membres du collectif et du chercheur (§ **5.1.3**). Pour finir, la théorie de l'activité est celle qui est utilisée par Grangeat (2011b) pour modéliser les savoirs-processus et prendre en compte leur dimension collective.

La prise en compte du collectif introduit de la complexité dans l'étude du travail documentaire et conduit à introduire de nouveaux concepts pour prendre en compte les dimensions collectives du travail documentaire. Parmi ces concepts nous retenons pour notre étude celui de *vivier de ressources* qui désigne « l'ensemble des ressources matérielles mises en partage par une communauté d'enseignants » (Gueudet & Trouche, 2008, p. 21). Le terme *vivier* a été choisi par ces auteurs pour mettre en évidence le caractère évolutif des ressources qui sont mises en partage. En effet, une ressource du vivier, qui est par définition partagée avec le collectif, peut instrumenter l'activité de ses membres qui sont susceptibles de l'instrumentaliser et donner ainsi une nouvelle ressource ou un nouvel usage de la ressource initiale. Si ces derniers sont partagés ils participeront à la recomposition du vivier (*ibidem)*.

Dans notre étude, nous nous focalisons sur les effets des interactions codisciplinaires entre les professeurs, et entre les professeurs et leurs ressources. Ce sont des intercations sociales, qui peuvent mobiliser l'oral, l'écrit, l'observation, et qui permettent de partager des ressources et des pratiques entre professeurs de disciplines différentes. Nous utilisons le concept de vivier pour identifier les ressources mais également les usages qui sont mises en partage par un professeur, qui sont utilisés par un autre membre du collectif, et dont la nouvelle forme peut être reversée dans le vivier. Nous dénommons ce vivier le *vivier de ressources et d'usages*. Les apports et les utilisations de chacun, nous permet d'apprécier en quoi un professeur *contribue* au collectif et en quoi il en *bénéficie* (§ **5.3**).

L'approche documentaire du didactique et les adaptations proposées nous permettent d'étudier des effets d'interactions codisciplinaires sur le développement professionnel associé au WP_{HC} *en* prenant en compte des dimensions individuelles et collectives. Le WP_{HC} est considéré comme un *travail documentaire* correspondant à une *famille d'activité.* Nous nous proposons d'étudier les *genèses documentaires* qui lui sont associées en suivant la mise au travail des *ressources mères* (les métaressources en étant un type particulier), les interactions codisciplinaires en lien avec les *ressources intermédiaires,* les usages des *ressources filles* et leurs révisions. L'engagement des professeurs dans des genèses documentaires codisciplinaires est apprécié à partir d'évolutions du *système de ressources* et du *système de documents* des professeurs en interaction avec le *vivier de ressources et d'usages* du collectif. L'objet de la recherche est de mettre en évidence en quoi ces genèses documentaires codisciplinaires favorisent des évolutions des *savoirs-processus* qui guident le WP_{HC} d'un professeur.

3.2. Les métaressources du WP_{HC}

L'approche instrumentale, point de départ de l'approche documentaire, se situe dans le cadre de l'activité médiatisée par des outils (Leontiev, 1984 ; Vygotski, 1930) :

> « Le sujet n'est pas dans une relation immédiate au réel et son activité se structure d'emblée dans une relation ternaire où le médiateur s'inscrit entre le sujet et l'objet de son activité (…) l'outil n'engendre pas l'action mais la médiatise » (Rabardel, 2005b, p. 252)

Nous explorons le rôle de médiation joué par les instruments dans l'activité humaine (§ 3.2.1) de façon à étendre le rôle de médiation que peuvent jouer des ressources dans un travail documentaire (3.2.2). Cela nous conduit à développer le concept de *métaressource* pour notre étude (§ 3.2.3).

3.2.1. Les instruments, objets de médiation

Le sujet, l'instrument et l'objet de l'activité constituent la triade des situations d'activité avec instrument (Rabardel, 1995). La théorie de l'activité ajoute la dimension collective de l'activité médiatisée par un instrument (§ 3.1.3). Ainsi, les activités médiatisées par un instrument peuvent être dirigées vers l'objet de l'activité, vers le sujet agissant et éventuellement, vers les autres. Par ailleurs, une activité médiatisée peut posséder deux composantes : une composante *pragmatique* qui permet une transformation du réel et qui accompagne l'activité productive ; une composante *épistémique* qui participe au développement du sujet et qui accompagne l'activité constructive (Rabardel, 2005b). On distingue ainsi trois types de médiations, chacune pouvant posséder des composantes pragmatiques et épistémiques (*ibidem)* :

- des médiations entre le sujet et l'objet de l'activité (1, Figure 2), les composantes pragmatiques sont orientées vers l'action dirigée par l'objet de l'activité et les composantes *épistémiques* vers une meilleure connaissance de l'objet de l'activité par le sujet ;
- des médiations *réflexives* entre le sujet et lui-même (2, Figure 2), les composantes pragmatiques sont orientées vers une meilleure gestion de son action ; les composantes épistémiques vers une meilleure connaissance de soi-même,
- des médiations *interpersonnelles* entre le sujet et les autres, les composantes pragmatiques sont orientées vers l'action avec autrui (4, Figure 2). les composantes épistémiques vers la connaissance de l'autre (3, Figure 2).

Ces trois types de relation peuvent être coprésents dans un même instrument, cela ne signifiant pas que tous les instruments sont pour autant équivalents. Selon la constitution de l'instrument ou selon la situation, certaines relations sont habituellement dominantes, les autres étant subordonnées (Folcher & Rabardel, 2004).

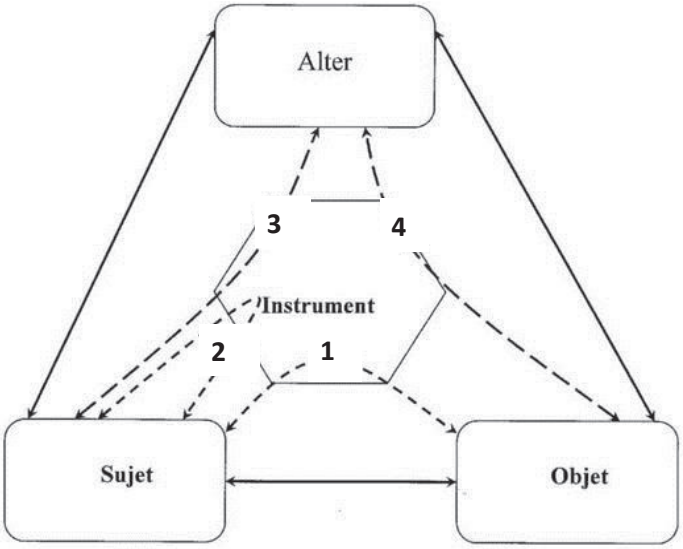


Figure 2: Rapports directs (trait plein) et médiations supportées par l'instrument (pointillés) au cours de l'activité (Rabardel, 2005, p. 255)

3.2.2. Le WP_{HC}, une activité médiatisée par des ressources

Prolongeant l'approche instrumentale et nous inscrivant dans l'approche documentaire du didactique, nous considérons qu'un travail documentaire est médiatisé par des documents. N'ayant pas directement accès au document, mais seulement à sa part « ressource », nous cherchons à identifier les ressources qui sont susceptibles de favoriser le développement des connaissances professionnelles guidant un WP_{HC} au sein d'un collectif codisciplinaire, c'est-à-dire celles qui assurent des médiations possèdant une forte composante épistémique. Nous nous appuyons sur le schéma de la Figure 2 que nous instancions à notre étude dans la Figure 3 : le sujet est un des professeurs du collectif, spécialiste de sa discipline ; l'objet de son activité est la préparation d'une situation d'enseignement permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures sur un thème choisi dans sa discipline ; l'alter est représenté par les autres professeurs du collectif qui interagissent avec lui à propos de cette préparation.

Nous distinguons trois types de ressources pouvant médiatiser l'activité d'un professeur au cours d'un WP_{HC} codisciplinaire. Chacune d'entre elles peut posséder une composante *pragmatique* et *épistémique*. Il s'agit :

- De ressources qui favorisent des médiations entre un professeur et son WP_{HC} (1, Figure 3). Ce sont celles qui entrent en jeu dans son travail documentaire, comme par exemple une fiche présentant les tâches à effectuer par les élèves ou du matériel expérimental. Ce sont également des ressources qui permettent de se construire ou/et d'affiner une représentation de la famille d'activité WP_{HC} dans sa discipline, il s'agit par exemple d'un article sur l'analyse

didactique de la situation préparée, des notes du professeur à l'issu de la mise en jeu de sa situation dans la classe l'année précédente ;

- De ressources qui favorisent des médiations réflexives entre un professeur et lui-même (2, Figure 3). Ce sont celles qui permettent à un professeur de prendre conscience de sa représentation de la famille d'activité WP_{HC} ou de mobiliser cette représentation pour une meilleure gestion d'un WP_{HC} ;
- De ressources qui favorisent des médiations codisciplinaires entre un professeur d'une discipline et des professeurs d'autres disciplines. Ce sont des ressources qui d'une part supportent les interactions entre les membres du collectif (3, Figure 3) et favorisent la coopération pour un WP_{HC} (4, Figure 3), et d'autre part développent une connaissance du WP_{HC} dans les disciplines du collectif (4) et une connaissance qu'en ont les autres membres du collectif (3, Figure 3).

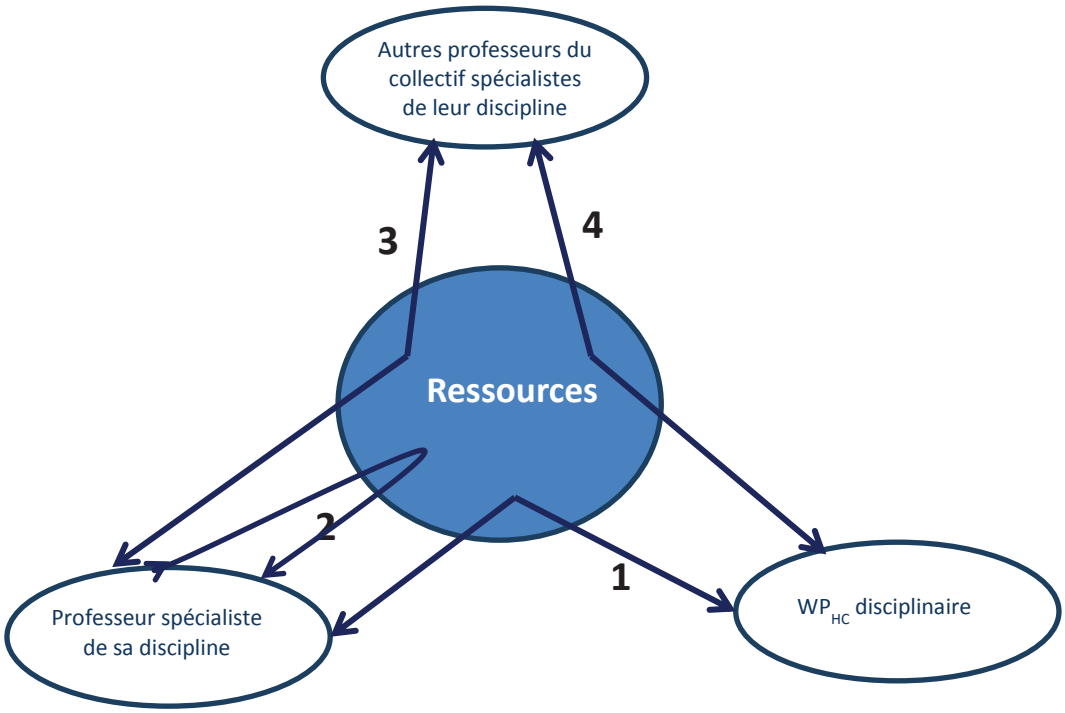


Figure 3 : Médiations susceptibles d'être supportées par des ressources lors d'un WP_{HC} codisciplinaire.

3.2.3. Des métaressources pour soutenir les conceptualisations

Notre objectif est d'identifier les caractéristiques des ressources et leurs modalités de production susceptibles de soutenir le développement des connaissances professionnelles qui orientent un WP_{HC}. Nous analysons les médiations à composantes épistémiques susceptibles de soutenir le développement de ces connaissances (§ 3.2.3.1) avant de caractériser les métaressources, ressources

articulant aide à l'activité professionnelle et soutien au développement des conceptualisations (§ 3.2.3.2). Nous terminons par l'analyse des modalités de conception codisciplinaires des métaressources susceptibles de potentialiser leurs propriétés (§ 3.2.3.3)

3.2.3.1. Les médiations à composante épistémique du WP_{HC}

Comme pour tout professionnel, l'activité d'un enseignant est d'abord orientée vers l'action et son activité productive (Rabardel, 2005a ; Samurçay & Rabardel, 2004). Ces résultats sont étayés par les premières observations que nous avons effectuées dans ReVEA sur le travail documentaire *ordinaire*[14] d'un collectif de professeurs de sciences et de mathématiques. Ces observations mettent en évidence que :

- dans un travail de préparation individuel, les principales ressources mères utilisées sont celles qui favorisent des médiations à composante pragmatique entre le professeur et l'objet de son activité, autrement dit celles, qui après d'éventuelles transformations et recombinaisons, entrent dans la constitution d'une ressource fille pour une mise en œuvre en classe ;
- dans un travail de préparation collectif, ce sont les ressources qui, après d'éventuelles transformations et recombinaisons, entrent dans une production collective ou soutiennent les interactions nécessaires à cette activité productive, c'est-à-dire des ressources qui favorisent des médiations à composante pragmatique entre les membres du collectif et l'objet de leur activité et entre le sujet et les autres membres du collectif.

Notre proposition est de soutenir le développement des connaissances professionnelles qui guident un WP_{HC} en déplaçant l'activité des professeurs vers la production de ressources qui soient à forte composante épistémique et qui soient susceptibles de soutenir des médiations orientées :

- vers le professeur pour qu'il affine sa représentation de la famille d'activité WP_{HC} dans sa discipline et sa représentation des situations de travail correspondantes ;
- vers les membres du collectif pour une meilleure représentation des points communs et des différences liés à cette famille d'activité et aux situations de travail correspondantes entre les disciplines du collectif.
- vers son WP_{HC} pour qu'il développe des connaissances professionnelles pouvant guider un WP_{HC}.

Nous faisons l'hypothèse que la production de telles ressources est susceptible de favoriser les conceptualisations qui orientent un WP_{HC}.

[14]Ordinaire signifie ici que le chercheur n'intervient pas dans les modalités d'organisation du travail des professeurs. Les seules perturbations sont liées à sa posture d'observateur.

3.2.3.2. *Développement du concept de métaressource*

Nous présentons les caractéristiques des métaressources rencontrées avant de dégager celles que nous attribuons aux métaressources dans notre recherche.

Nous avons identifié l'utilisation du terme métaressource dans le domaine de la *conception* et dans celui de la *documentation*[15] avec des sens proches mais non identiques.

- ***Dans le domaine de la conception***

Hassane Squalli, professeur à l'Université de Sherbrooke, utilise ce terme dans le cadre de formation qu'il met en place. Il s'agit de ressource ayant pour objectif d'aider les professeurs à concevoir des situations mathématiques qui utilisent des outils numériques. Il propose des formations en ligne pour la conception de telles métaressources[16]. Leur analyse montre qu'elles possèdent des constituants à forte composante pragmatique comme par exemple un assistant méthodologique pour la prise en main d'un logiciel, mais également d'autres à forte composante épistémique comme par exemple une bibliographie de textes scientifiques et professionnels en lien avec l'intégration d'un logiciel dans l'enseignement. Dans un autre contexte, l'Université de Montréal a utilisé le terme de métaressource ou métaprogramme pour désigner une ressource informatique, à composante essentiellement pragmatique, permettant de développer des sites Web destinés à l'encadrement des étudiants. Son objectif est de produire des sites qui possèdent des caractéristiques partagées tout en étant adaptés aux besoins des différents départements de l'université :

> « Bien que l'ensemble des sites partagent un même « moule », une même structure, chaque site peut personnaliser les contenus ». (Simard, 2007, p. 15)

- ***Dans le domaine de la documentation***

Nous avons retrouvé l'usage du terme métaressource sur le site de l'école des bibliothécaires documentalistes[17], sur celui du réseau Canopé dans le dictionnaire des concepts info-documentaires[18] et dans un dossier de veille du CNRS sur les pratiques documentaires des chercheurs en SHS[19]. Dans les trois cas une métaressource est une ressource qui organise le contenu pour qu'il soit facilement accessible aux utilisateurs. Ce peut être un portail ou un annuaire, qui offre, sélectionne, oriente et facilite l'accès à des ressources. Le dossier de veille du CNRS différencie une

---

[15] La *documentation* correspond ici au concept reconnu par l'agence française de normalisation (AFNOR), elle représente les techniques qui permettent le traitement permanent et systématique des documents ou des données (la collecte, le signalement, l'analyse, le stockage, la recherche, la diffusion) pour l'information des usagers.

[16] http://prezi.com/woxr73euas4p/formation-en-ligne-hassane-squalli/
http://mpu.evenement.usherbrooke.ca/2013/documents/Squalli-Nicol_2013-VF.pdf

[17] http://www.ebd.fr/ (consulté le 23 février 2016)

[18] https://www.reseau-canope.fr/savoirscdi/chercher/dictionnaire-des-concepts-info-documentaires/p/portail.html (consulté le 23 février 2016)

[19] http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/1415/INIST_Veille%20Rechercheinfo_ChercheursSHS%20oct07.pdf?sequence=1 (consulté le 23 février 2016)

telle métaressource des méta-index qui sont des informations sur une ressource et qui permettent de l'organiser par rapport aux autres ressources :

> « Les ressources d'accès de toute nature pourraient être intégrées dans une métaressource qui organise leur contenu et leurs fonctions de manière utile pour la communauté de recherche. Alors que le terme de méta-index est utilisé pour désigner les ressources qui organisent des groupes de ressources d'accès » (p. 16)

Le rapport d'étape du 15 octobre 2015 de ReVEA[20] appelle également *métaressources* les ressources qui aident à la documentation, elles sont :

> « ce qui permet de les trouver (on va chercher « dans » ou « via ») » (p. 2)

Dans ce rapport, une métaressource est exemplifiée par un « catalogue », un « accès » ou un « index » (p. 2), dans ce conctexte, ce terme désigne aussi bien les ressources qui organisent les contenus (métaressource) que celles qui donnent une information sur des ressources (méta-index).

- ***Un développement du concept de métaressource***

Selon les domaines et les contextes les métaressources ne constituent donc pas des ressources homogènes, cependant elles partagent les caractéristiques suivantes :

- ce sont « des ressources dont la raison d'être est une autre ressource »[21] ;
- ce sont des aides pour un usage adapté et raisonné d'autres ressources ;

Les métaressources que nous envisageons pour favoriser des conceptualisations nécessaires à la conduite d'un WP_{HC} partagent les deux caractéristiques précédentes. Elles justifient ainsi le préfixe *méta* signifiant en grec *avec*, *après, au-delà de*. Nous insistons cependant sur l'idée de réflexion et de prise de distance contenue dans ce préfixe, ainsi nous définissons le terme *métaressource* de la façon suivante :

Une métaressource est une ressource qui aide à la production de ressources en suscitant une posture réflexive sur le travail documentaire à conduire ou sur ses effets. Elle possède un niveau constitutif spécifique : le *niveau de l'explicitation* (§ 3.1.2.2).

Une telle métaressource est susceptible de soutenir des médiations orientées vers le sujet et vers l'objet de son activité avec des composantes épistémiques et pragmatiques. Elle est donc susceptible d'être une aide à l'action et une aide à la conceptualisation.

[20] http://www.cfem.asso.fr/actus-revea/bilan-intermediaire-revea (consulté le 23 février 2016)

[21] Il s'agit de la définition que nous a donné Hassane Squalli lorsque nous l'avons contacté pour savoir s'il avait développé ce concept.

3.2.3.3. Des productions codisciplinaires de métaressources

Nous mettons en évidence dans ce paragraphe les caractéristiques des métaressources ainsi que celles des modalités de leur production dont nous faisons l'hypothèse qu'elles sont des moteurs pour les conceptualisations des professeurs, l'objet de notre recherche étant de mettre à l'épreuve cette hypothèse.

Nous retenons deux types de métaressources pour soutenir les conceptualisations en jeu dans un WP_{HC}. Les premières ont pour objectif de soutenir cette activité dans la discipline enseignée, quel que soit le contenu disciplinaire choisi. Il s'agit d'une description de la représentation que le professeur se fait de la situation de travail, des buts génériques à se donner, des actions à accomplir. De telles métaressources sont susceptibles d'orienter des médiations à forte composante épistémique, mais également pragmatique en guidant la conception d'un WP_{HC} sur un contenu disciplinaire choisi. Nous les dénommons *métaressources génériques* et les désignons par le sigle MRG, (Méta Ressources Génériques). Les deuxièmes ont pour objectif de soutenir un WP_{HC} contextualisé à un contenu disciplinaire choisi. Il s'agit d'une description explicite et écrite des actions engagées dans un WP_{HC} donné. Ce travail de préparation ayant pour finalité la conduite de classe, une telle ressource peut soutenir cette activité et donc assurer des médiations à composante pragmatique, mais elle est également susceptible, par l'explicitation du travail engagé, de soutenir des médiations à composante épistémique. Ces ressources sont dénommées métaressource disciplinaire MRD.

Afin de renforcer les médiations à composante épistémique des MRG et MRD, leur production est codisciplinaire. Une telle modalité de production est susceptible de potentialiser ces médiations pour trois raisons :

- une production collective peut favoriser les médiations qui sont orientées vers les autres professeurs impliqués ;
- une production collective impose aux professeurs de soigner le *niveau de l'explicitation* (§ 3.1.2.2) et augmente ainsi leur posture réflexive sur leur activité ou leur représentation de l'activité ;
- une production codisciplinaire limite les implicites pouvant exister entre professeurs d'une même discipline et renforce ainsi l'explicitation et la posture réflexive.

Par ailleurs, souhaitant favoriser des genèses codisciplinaires de ces métaressources, nous proposons des modalités de production rendant possibles et nécessaires leur utilisation et leur révision en :

- produisant des métaressources qui se justifient dans l'activité professionnelle (des MRG qui soutiennent le travail de préparation, des MRD qui soutiennent l'activité dans la classe) ;

- produisant des métaressources avec une visée d'efficacité qui justifie de les améliorer, de les réviser ;
- engageant l'activité sur une durée suffisante pour permettre des réutilisations au cours du temps.

Ainsi, les MRG et MRD sont susceptibles de devenir des documents avec leur part « connaissances professionnelles » dont nous nous proposons d'étudier les évolutions.

3.3. Modèle opératif et savoir-processus

Nous présentons les caractéristiques du modèle opératif et des savoirs-processus en analysant leur apport pour l'étude du travail documentaire (§ 3.3.1), puis nous proposons un approfondissement théorique des indices des savoirs-processus (§ 3.3.2).

3.3.1. Une modélisation des connaissances professionnelles

S'inscrivant dans le champ de la *conceptualisation dans l'action* (§ 2.4.3), Grangeat (2008) identifie les connaissances professionnelles comme inscrites dans l'agir professionnel. Connaissances et pratiques sont articulées de façon dynamique par l'activité productive et l'activité constructive de l'activité professionnelle, les conceptualisations sont les processus qui soutiennent cette articulation :

> « les conceptualisations soutiennent d'une part, l'élaboration de connaissances à propos de la personne, de la tâche et des stratégies et, d'autre part, la régulation métacognitive de l'activité » (Grangeat, 2010b, p. 235)

Les connaissances professionnelles sont organisées selon deux niveaux hiérarchisés : celui du *modèle opératif* qui oriente l'activité, et celui des *savoirs-processus* qui guident les actions de cette activité (Grangeat, 2011a). Nous présentons successivement ces deux niveaux d'organisation (§ 3.3.1.1 et § 3.3.1.2), avant de préciser leurs apports pour notre recherche (§ 3.3.1.3).

3.3.1.1. Les savoirs-processus

Les savoirs-processus sont une synthèse du *schème* de Vergnaud (§ 2.4.3), des *Work process knowledge* de Boreham (2004) et du *système d'activité* d'Engeström (2001). Nous mettons en évidence comment Grangeat s'appuie sur ces différents apports théoriques pour modéliser les savoirs-processus.

Grangeat (2012b) met en évidence l'apport des *Work process knowledge* pour modéliser les connaissances des professeurs. Ils possèdent quatre caractéristiques :

- Ce sont des connaissances intégrées dans l'action, qui ne se limitent pas à guider de simples procédures, mais à résoudre des problèmes professionnels. Elles sont issues de la formation

et de l'expérience, elles dépendent des ressources disponibles et du fonctionnement de la communauté de travail ;

- Elles permettent de résoudre des problèmes professionnels qui engagent des collectifs. Elles sont construites à la fois individuellement et collectivement, en référence aux ressources disponibles dans la situation. ;
- Elles se construisent en appui d'une culture professionnelle et contribuent à la renforcer ;
- Elles sont supportées par des artefacts qui, lorsqu'ils sont partagés, gardent la trace des réflexions, des réalisations, des projets du collectif et constituent ainsi de nouvelles ressources pour surmonter individuellement ou collectivement de nouveaux problèmes.

En permettant la résolution de problèmes professionnels, et en étant intégrées à l'action, ces connaissances sont proches de celles étudiées par la didactique professionnelle. Elles s'en distinguent par le fait qu'elles n'opposent pas les savoirs informels inscrits dans l'action et les savoirs formalisés sur l'action, et par la place essentielle et systématique accordée à la dimension collective du travail : elles prennent en effet en compte l'organisation du collectif de travail, ses ressources et sa culture professionnelle. Le modèle des *Work process knowledge* permet ainsi d'étudier les connaissances qui orientent l'activité dans les métiers de l'humain qui sont riches en interactions sociales, l'enseignement appartenant à cette catégorie de métiers.

Grangeat (2011b, 2012b) rapproche par ailleurs les savoirs-processus du *système d'activité d'Engeström* (§ 3.1.3). En effet, le *système d'activité* est orienté vers des effets escomptés qui donnent sens à cette activité ; l'activité est médiatisée par des artéfacts et elle est connectée à une matrice sociale permettant de décrire les caractéristiques des interactions existant dans le contexte de l'activité (Figure 4). Il est donc en cohérence avec les Work process knowledge.

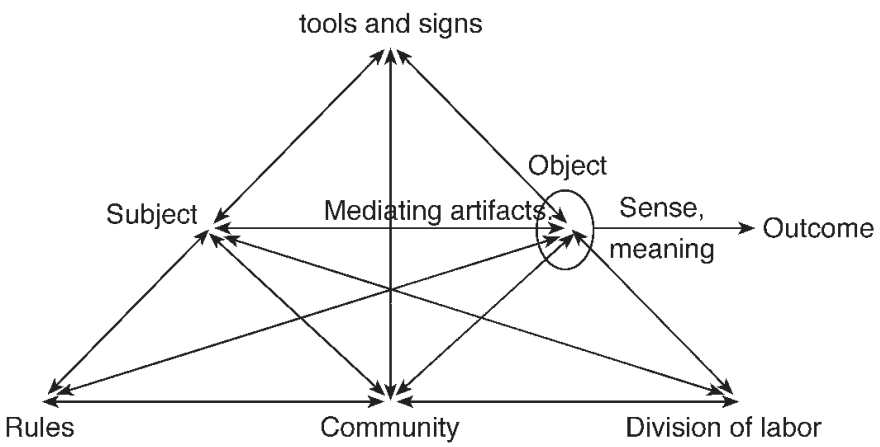


Figure 4 : diagramme du système d'activité (Engeström, 1987, p. 78)

En se référant au schème, Grangeat & Munoz (2006) décrivent le savoir-processus comme une *organisation de l'activité* constituée d'éléments indissociables. Leurs éléments constitutifs ne sont cependant pas exactement identiques. Les éléments du savoir-processus se rapprochent de ceux du système d'activité (Grangeat, 2011b, 2012b). La Figure 5 montre les relations entre les éléments constitutifs de ces deux modélisations de l'organisation de l'activité :

- la création de sens qui se dégage de l'objet de l'activité d'un individu et des effets attendus avec le *but* de l'activité ;
- les effets de l'activité avec l'*indice* qui est prélevé dans la situation ;
- les règles avec les *règles d'action* que se donne le sujet individuellement ou collectivement ;
- les outils qui médiatisent l'activité avec les *connaissances* qui justifient l'activité.

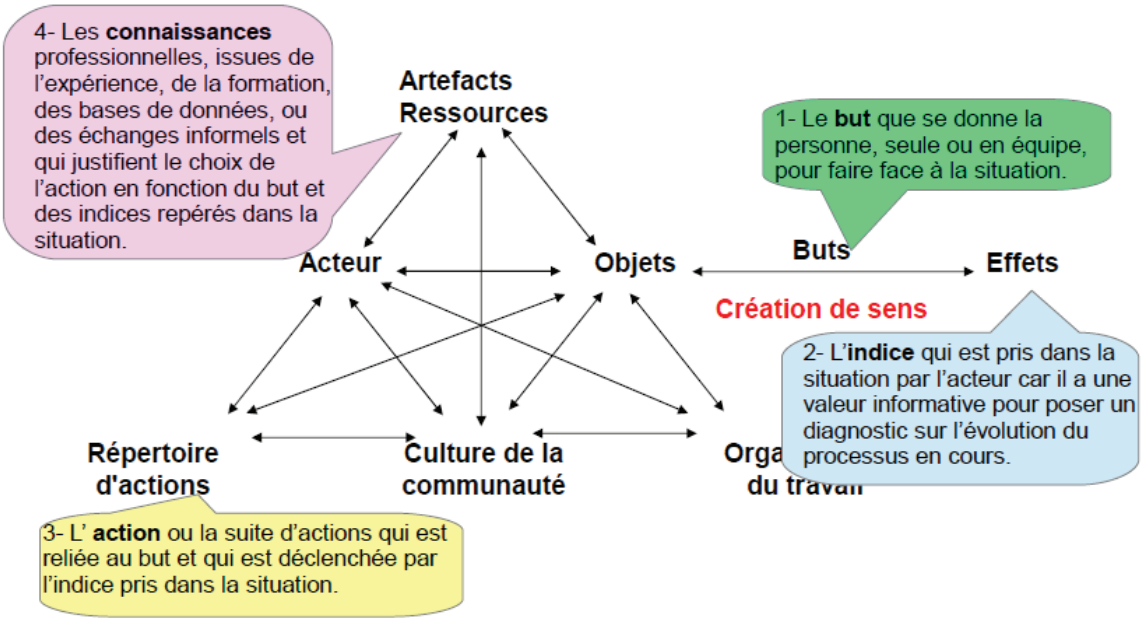


Figure 5 : Mise en relation du système d'activité avec le savoir-processus d'après (Grangeat, 2011b)[22]

Les apports théoriques des Work process knowledge, du schème et du système d'activité déterminent les caractéristiques d'un savoir-processus. Un savoir-processus est ainsi une unité dynamique guidée par un but et possédant des règles d'action, des connaissances de référence et un indice, ces éléments sont définis de la façon suivante :

> « **Le but de l'action** : l'anticipation qui représente le mobile de l'activité des acteurs, individuellement ou collectivement. Il concerne le *pour quoi* de l'action.

[22] Cette figure a été présentée au séminaire national de didactique des mathématiques le 13 octobre 2013 à l'Université Paris Diderot. http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos/cooperation_entre_enseignants_formateurs_et_chercheurs_des_modalites_et_des/ (consulté le 23 février 2016)

Les règles d'actions : les stratégies d'action pratiques, déclenchées par l'indice et orientées par le but fixé, qui consistent à décider de l'action, à prendre de l'information sur son déroulement et à contrôler son aboutissement. Elles concernent le *comment* de l'action

Les connaissances de référence : les connaissances, individuelles ou collectives, qui permettent de rapprocher une situation d'une autre, en tenant compte des similitudes et des singularités, afin de décider et de justifier une stratégie d'action. Elles concernent le *pourquoi* de l'action.

L'indice : l'information tirée de la situation par le sujet et qui est jugée pertinente en fonction du but fixé, individuellement ou collectivement, et du moment de l'action. Il concerne le *quoi* repérer dans la situation ». (Grangeat, 2008, p. 77)

Par rapport au schème, un savoir-processus ne possède donc pas l'élément *invariant opératoire* correspondant à la partie conceptuelle du schème. En contrepartie, il accorde une place fondamentale à l'*indice* qui dépend de la façon dont le sujet comprend la situation et qui permet de partager l'organisation de son activité avec d'autres :

> « Cependant, il [le savoir-processus] se distingue du schème, car la notion d'invariant opératoire, propre au sujet, est remplacée par celle d'indice qui découle de la manière dont l'acteur comprend la situation ; ce savoir-processus est ainsi plus facilement explicitable, plus aisément mis en discussion entre pairs. » (Grangeat, 2010b, p. 239)

Un *savoir-processus* est un modèle de l'organisation cognitive qui permet d'étudier les connaissances qui orientent l'action dans les métiers de l'humain en prenant en compte la complexité introduite par la richesse des interactions sociales. Il est un *savoir* car il possède une valeur explicative et peut être discuté par les acteurs, il est un *processus* car il concerne le déroulement de l'action, dans un temps et un espace donné (Grangeat, 2010b).

3.3.1.2. Le modèle opératif

Les savoirs-processus guident des actions élémentaires, or les pratiques enseignantes concernent une suite d'actions sur un temps long, en interaction avec des élèves et des collègues. Cette activité complexe est orientée par un ensemble de savoirs-processus que Grangeat (2010b) nomme, à la suite de Pastré (2005b), un *modèle opératif*. Un modèle opératif « représente l'action sur le plan de la pensée » et « contribue à orienter l'action » (Grangeat, 2011b, pp. 84-85). Comprendre le modèle opératif d'un individu revient à comprendre l'organisation de ses savoirs-processus.

Grangeat (2011a) met en évidence l'importance des buts dans les pratiques des professeurs. Ils mettent en évidence que des pratiques similaires peuvent être orientées par des buts différents. Par exemple, un professeur peut proposer à des élèves une diversité de tâches soit pour accroitre leur motivation et leur occupation et ainsi améliorer son confort, soit pour les confronter à des situations

diverses et favoriser leurs apprentissages[23]. Par ailleurs, ils mettent en évidence que des pratiques variées chez un même enseignant peuvent relever d'un même but. Par exemple, une diversité de pratiques d'un professeur face aux difficultés de lecture des élèves s'explique par une stratégie à long terme, qui diffère les remédiations à d'autres moments de la journée, avec les apprenants concernés[24].

Les buts d'un professeur et leur organisation, guident ses pratiques dans le temps et l'espace, individuellement et collectivement. Un modèle opératif est donc constitué d'un ensemble de savoirs-processus organisés à partir des buts de l'activité en un réseau qui donne du sens à l'activité. Grangeat (2011b) démontre que ces buts sont structurés autour d'un nombre réduits de *dimensions critiques* qui sont les principaux buts génériques qui orientent les activités appartenant à une même famille d'activité. A chaque dimension critique correspond un réseau de buts et de sous-buts. Plus un modèle opératif possède de buts hiérarchisés, plus il est étendu et plus il permet une meilleure adaptation du sujet à son activité. Comprendre les buts et leur organisation permet d'appréhender l'organisation du modèle opératif.

Ce modèle de connaissance permet d'apprécier la dimension collective des connaissances permettant une activité connectée. Il s'agit de la *représentation opérative partagée* (Grangeat, 2011b ; J. Rogalski, 2005). Elle peut être appréciée soit à partir de la partie commune des modèles opératifs des différents acteurs, soit à partir de l'ensemble des buts et sous-buts du collectif.

En appui sur la distinction *tâche* et *activité* (§ 2.4.3), Pastré (2004) distingue le modèle opératif qui oriente l'activité d'un sujet dans une situation donnée, de la *structure conceptuelle* d'une tâche experte. Définissant le modèle opératif par l'organisation des buts qui orientent l'activité, nous caractérisons la structure conceptuelle par l'organisation des buts de la tâche experte. Identifier la structure conceptuelle du WP_{HC} constitue une référence pour analyser le modèle opératif qui oriente le WP_{HC} d'un professeur.

3.3.1.3. Les savoirs-processus et le modèle opératif pour l'étude du travail documentaire

Nous choisissons le *modèle opératif* et les *savoir-processus* pour étudier les conceptualisations qui sont au cœur des genèses documentaires. Ce sont les *connaissances professionnelles* qui orientent un travail de préparation. Nous nous démarquons de l'approche documentaire du didactique qui définit les connaissances professionnelles des professeurs comme étant les invariants opératoires des schèmes. La modélisation choisie ne permet pas d'identifier les connaissances qui peuvent être

[23] Exemple tiré de Hudson, B. (2007). Comparing different traditions of teaching and learning : what can be learn about teachnig and learning ? *European Education Research Journal, 6 (*2), 135-146

[24] Exemple est tiré dans Goigoux, R. (2002). Analyser l'activité d'enseignement de la lecture : une monographie. *Revue Française de Pédagogie*, *138*, 125-134.

réutilisées dans une même classe de situation ; cependant, en prenant en compte le caractère indivisible des éléments constitutifs d'un savoir-processus et le caractère inter-relié des savoirs-processus par les buts que se donne le professeur, elle renforce le caractère explicatif de l'organisation du travail documentaire. Le modèle opératif permet par ailleurs d'apprécier les dimensions communes des connaissances professionnelles construites au sein d'un collectif. Il s'agit des *représentations opératives partagées* (Grangeat, 2011a ; J. Rogalski, 2005) qui peuvent être selon l'étude effectuée, soit la partie commune des modèles opératifs des différents membres d'un collectif, soit l'ensemble des buts et sous-buts d'un collectif.

Sur le plan méthodologique, savoir-processus et modèle opératif sont identifiés à partir d'une analyse de l'activité. Grangeat (2011a) s'appuie sur l'observation des pratiques à partir de vidéos, et sur l'analyse des significations apportées par les acteurs à leurs actions à partir d'entretien d'auto-confrontation. Etudiant le modèle opératif et les savoirs-processus qui orientent un travail documentaire, nous nous appuyons sur les ressources produites. Nous analysons les *métaressources* (§ 3.2), ressources réflexives sur l'activité, produites par les professeurs, et sur des *entretiens d'explicitation* (Vermersch, 1994) conduits en appui sur ces ressources. Dans un tel entretien, les questions posées sont axées sur le « comment » et non sur un « pourquoi » qui engendrerait une demande d'explication susceptible de bloquer l'évocation. De tels entretiens permettent des découvertes aussi bien pour le chercheur que pour le sujet interviewé (Petitmengin, 2013). Faisant l'hypothèse que les métaressources disciplinaire donnent accès à l'activité codisciplinaire des professeurs, notre méthodologie s'appuie non pas directement sur l'activité, mais sur son produit.

3.3.2. Caractérisation des indices d'un savoir-processus

Grangeat (2008) décrit l'indice d'un savoir-processus comme l'information tirée de la situation de travail en fonction du but fixé et du moment de l'action (§ 3.3.1.1). Nous examinons dans cette partie les caractéristiques de la situation de travail des professeurs à partir de l'approche documentaire du didactique afin de préciser les caractéristiques des indices des savoirs-processus qui guident un travail documentaire.

Un professeur est en interaction avec un ensemble de ressources qui sont constitutives de sa situation de travail, qu'il s'agisse d'un travail de préparation ou de sa mise en œuvre :

> « les ressources du professeur fournissent un milieu pour son action, aussi bien lorsqu'il prépare la classe (lorsqu'il construit le jeu qu'il va faire jouer aux élèves), que lorsqu'il met en œuvre ce jeu (jeu qu'il doit jouer lui-même en prenant en compte l'ensemble de ses acteurs) » (Gueudet & Trouche, 2008, p. 16).

Nous considérons les indices comme des informations qui peuvent être issues de ressources matérielles (par exemple, les programmes ; une fiche de préparation conçue l'année précédente,

échangée ou trouvée sur Internet ; du matériel expérimental), ou d'interactions sociales (par exemple, un échange avec un professeur à propos de la situation préparée, une réaction des élèves à sa mise en œuvre). Ces ressources s'inscrivent dans un contexte caractérisé par leur disponibilité, une durée, un lieu. Les indices peuvent être relatifs au contenu de la ressource, à sa localisation, à son origine, au moment de sa disponibilité.

Cependant, ces indices ne recouvrent pas l'ensemble des indices. En effet, la complexité de l'activité enseignante requiert une attitude proactive qui conduit à agir par anticipation. Dans un travail de préparation, étant donné l'empan temporel entre le moment de la préparation et la mise en œuvre, l'anticipation joue un rôle important (§ 2.2.3). Les indices relèvent alors de prévisions qui s'appuient sur des analyse *a priori* des effets des interactions entre le professeur, les élèves et les ressources.

Notre analyse nous conduit à distinguer deux types d'indices des savoir-processus qui guident les actions des enseignants en fonction du but fixé :

- des indices issus des ressources présentes dans la situation de travail (ressources matérielles, interactions sociales) ;
- des indices qui sont des prévisions sur les interactions possibles entre les élèves, les élèves et le professeur, les élèves et les ressources préparées.

3.4. La problématisation

Après avoir présenté le contexte et les fondements qui sont à l'origine du cadre de la *problématisation* (§ 3.4.1), nous analysons ses apports pour notre recherche du point de vue épistémologique (§ 3.4.2) et didactique (§ 3.4.3). Nous concluons en mettant en évidence en quoi ce cadre permet d'articuler le spécifique et le générique entre les disciplines (§ 3.4.4).

3.4.1. Contexte et fondement du cadre de la problématisation

La *problématisation* est un cadre épistémologique et didactique qui a été travaillé à partir du début des années 1990 au sein du CREN[25]. Pilotées par Fabre & Orange (1997), ces recherches s'appuient sur les travaux de Dewey, Deleuze, Meyer, Bachelard et Popper, épistémologues s'étant intéressés à la philosophie des problèmes. Fabre s'est attaché à travailler les aspects généraux d'une problématisation, que ce soit celle de la vie courante et de l'enseignement (Fabre, 1999), ou encore celle de la formation (Fabre, 2005b). Orange (2002) et Orange-Ravachol (2005) ont approfondi les spécificités d'une problématisation scientifique, tant du point de vue des chercheurs que celui des élèves.

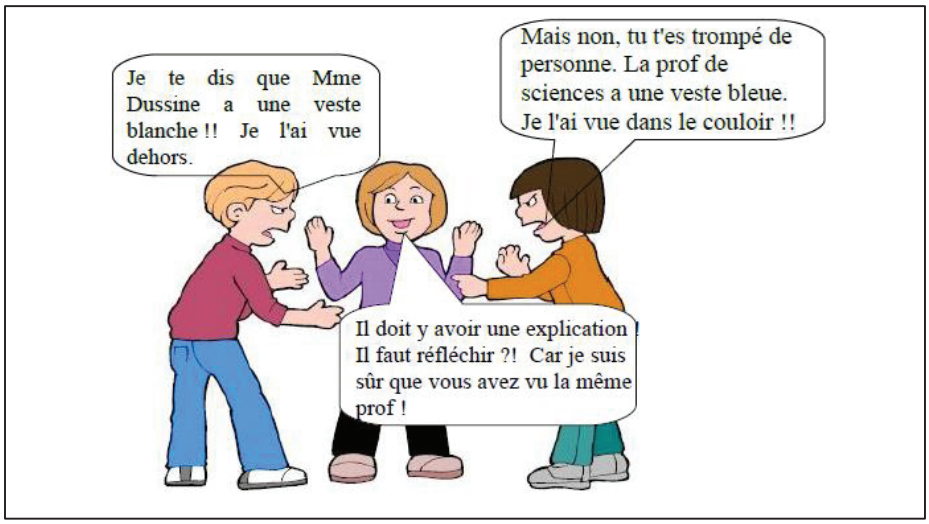
Les démarches d'investigation s'inscrivent dans ce que Fabre (2009) dénomme le « paradigme du problème » (p. 7) et Orange (2005b) « la mode du problème » (p. 3). Fabre (2009) relie les

[25] Centre de Recherche en Education de Nantes

incertitudes portées par nos sociétés modernes en évolution rapide avec l'éclosion de ce paradigme. Dans l'enseignement, les didacticiens reconnaissent une diversité de vertus du problème, que ce soit pour questionner et dépasser une conception, pour se former à une démarche scientifique ou pour travailler les liens entre la construction des problèmes et celle des savoirs scientifiques (Orange, 2005b). Fabre (1997) met en évidence la tension existant dans l'enseignement entre une *épistémologie de la résolution de problème* qui vise l'obtention d'une solution à partir d'un problème donné et celle de la *problématisation* qui vise la construction conjointe d'un problème et de ses solutions. Nous inscrivons notre recherche dans cette deuxième perspective.

En référence à Popper (1985) et Bachelard (1938) qui relient problème et connaissance, Orange (2005a) introduit la problématisation comme une façon de penser les relations entre problème, solution et connaissance. Il démontre à partir de l'analyse de différents problèmes de la vie courante ou de problèmes scientifiques que les savoirs mobilisés, les solutions proposées et l'investigation conduite varient avec le problème posé et la personne qui le résout, ce qui lui permet de conclure sur l'importance et la complexité de l'activité intellectuelle qui existe entre la perception d'un problème et de sa solution.

Nous illustrons cette idée de diversité des problèmes pouvant être construit en fonction du cadre théorique mobilisé, des données prélevées dans la situation et des connaissances à disposition à partir d'une situation initiale proposée par le professeur de physique durant notre étude. Le professeur a projeté l'image de l'Encadré 1 et a demandé aux élèves ce qu'il en pensait. Sans développer la diversité de la façon dont les élèves se sont emparés de la situation, nous avons repéré des questions informatives sur la couleur de la veste du professeur, des problèmes explicatifs relatifs à la couleur des objets (problème physique), des problèmes explicatifs relatifs à la perception de la couleur (problème biologique).



Encadré 1 : situation initiale proposée par un professeur de physique.

Nous choisissons ce cadre pour pouvoir prendre en compte le processus dynamique et actif d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures dans le cadre d'une démarche d'investigation qui implique d'identifier un problème, de le délimiter, voire de le construire, de proposer des solutions provisoires en s'assurant de leur recevabilité (§ 2.1.3). Pour Fabre (1999), inscrire les problèmes dans une problématisation permet de dépasser « le propositionnalisme » et « la fétichisation des réponses » (p.4) qui conduisent à des solutions dénuées de tout contexte et de toute argumentation.

3.4.2. Approche épistémologique de la problématisation

Nous présentons les cinq caractéristiques que Fabre (2005b, pp. 7-8) attribue à la problématisation et précisons en quoi elles permettent de préciser les caractéristiques que nous attribuons à un travail de préparation qui vise à engager des élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures.

- ***(1) « un processus multidimensionnel impliquant position, construction et résolution de problèmes »***

Poser un problème c'est prendre conscience de ce qui pose problème, de ce qui est à résoudre :

> « La position d'un problème n'exige que la conscience d'un échec, d'un défaut de savoir ou encore de conceptions différentes. » (Fabre, 1999, p. 185).
>
> « Poser le problème c'est prendre conscience d'un manque, d'un dysfonctionnement ou encore avoir une vague idée du but. » (Fabre, 1999, p. 26).

Fabre envisage ici des problèmes de natures différentes, nous reconnaissons des interrogations qui selon la typologie de Cariou (2015) relèvent d'une *investigation explicative* (problème lié à un défaut de savoir explicatif, à des conceptions différentes), d'une *investigation informative* (question liée à un manque, à un défaut de savoir factuel) ou d'une *investigation pragmatique* à la recherche d'un moyen (problème lié à un échec, à un dysfonctionnement) ou encore des problèmes non encore déterminés (avoir une vague idée du but).

Construire un problème c'est identifier ses *données* et ses *conditions* et les mettre en relation pour explorer les solutions possibles. Les données sont représentées par les connaissances et les faits empiriques qui définissent et contraignent le problème, elles sont exprimées sous forme de propositions factuelles. Les conditions correspondent aux nécessités du problème, c'est-à-dire les conditions de possibilité des solutions. Nous illustrons les données et les conditions à partir d'un problème qui questionne les liens entre l'alimentation et la croissance : « Comment ce que l'on mange nous fait grandir ? ». Les données sont par exemple des constats empiriques : une prise importante d'aliments est responsable d'un surpoids, tout ce qui est absorbé par le corps n'est pas conservé, ce qui sort du corps n'a pas le même aspect que ce qui entre ; ce sont encore des connaissances associées au problème : les aliments n'ont pas tous la même composition chimique que nos tissus, le tube digestif communique à l'extérieur par la bouche et l'anus. Les conditions sont par exemple la nécessité d'une transformation de la plupart des aliments, celle d'un transport de la

bouche aux organes. Fabre & Musquer (2009b) qualifient les conditions de « conditions *sine qua non »* (p. 47). Il s'agit ainsi de mettre en évidence le caractère apodictique de la solution construite, c'est-à-dire son caractère de nécessité. Pourquoi en est-il ainsi ? Pourquoi ne peut-il pas en être autrement ? Ces questions ne se posent pas dans l'absolu, ce qui donnerait à la solution un statut de vérité, mais elles se posent dans le cadre théorique et empirique qui définit le problème. Pourquoi à partir des connaissances et des faits empiriques à disposition, dans le cadre théorique choisi, il ne peut pas en être autrement. Il s'agit ainsi de construire des solutions qui soient argumentées, accompagnées de leurs nécessités et de se dégager de l'émission de solutions qui soient de « simples réponses factuelles qui se succèdent au hasard » (Fabre, 1999, p. 194). Dans cette perspective, les solutions sont dépendantes du problème posé :

> « Le problème ne disparaît donc pas lors de sa résolution : au contraire, sans problème, les solutions n'auraient aucun sens. » (Lhoste, 2006, p. 81)

Un élément n'est pas une donnée ou une condition en soi, il l'est au regard du contexte problématique. Par exemple, le transport de la bouche aux organes qui est une condition pour le problème qui s'intéresse aux relations entre croissance et alimentation est une donnée pour le problème qui s'intéresse aux modalités de transports des aliments de la bouche aux organes.

Résoudre le problème c'est formuler et critiquer des hypothèses ou des conjectures au regard des données et des conditions du problème.

Ainsi, dans notre recherche, il s'agit pour les professeurs de permettre aux élèves de percevoir un problème, d'identifier les données et les conditions du problème, de confronter et mettre en relation les données et les conditions pour explorer le possible, l'impossible et le nécessaire, de proposer une hypothèse ou une conjecture, de la confronter aux données et conditions identifiées. Comme le souligne Fabre (1999) il ne s'agit pas de phases temporelles d'un processus psychologique mais de dimensions épistémologiques relatives à la construction d'un savoir.

- ***(2) « une recherche de l'inconnu à partir du connu, c'est-à-dire de l'édification d'un certain nombre de points d'appui à partir desquels questionner »***

Le problème doit entretenir une dialectique du connu et de l'inconnu. Il ne doit pas avoir de solution immédiate, il doit donc concerner un inconnu qui ne se laisse pas facilement identifier. Cependant, pour pouvoir reconnaître un problème et envisager des solutions, il faut pouvoir s'appuyer sur du connu :

> « Si la recherche est nécessaire c'est qu'une question n'est pas une réponse. Mais si elle est possible, c'est qu'un questionnement peut se déterminer suffisamment pour anticiper des réponses » (Fabre, 2009, p. 112)

Fabre reconnait d'une part le connu et l'inconnu du problème et de ses solutions qui selon le dilemme de Menon fait que la recherche est inutile ou impossible :

> « ou bien on sait ce que l'on cherche et la recherche est inutile ; ou bien on ne le sait pas et la recherche est impossible » (Fabre, 2005a, p. 54),

Il distingue ainsi le « savoir des questions et des problèmes » et le « savoir des réponses » qui conditionnent l'intérêt et la possibilité de résoudre un problème. D'autre part, il reconnait le connu et l'inconnu des données et des conditions et distingue le « savoir des données » et le « savoir des conditions» qui sont nécessaires pour construire un problème et ses solutions (Fabre, 2005a, p. 56).

Il s'agit ainsi pour les professeurs d'engager les élèves dans une élaboration d'hypothèses ou de conjectures qui ne leur soit ni directement accessibles, ni inaccessibles. Cela implique une analyse des savoirs en jeu, savoirs du problème, de la solution, des données et des conditions.

- ***(3) « une dialectique de faits et d'idées, d'expériences et de théories »***

Nous avons évoqué dans le § 2.1.3 l'importance de la théorie dans l'interprétation d'un fait empirique, or Fabre (2005a) démontre en référence à Bachelard que la théorie est solidaire d'un corps d'expérience. Bachelard défend le dialogue qui s'instaure entre théorie et expérience dans le travail du scientifique :

> « Ainsi nous serons toujours ramenés au centre philosophique où se fondent à la fois l'expérience réfléchie et l'invention rationnelle, bref dans la région où travaille la science contemporaine. » (Bachelard, 1949, pp. 7-8)

Dans une telle perspective, les situations d'enseignement visant à permettre aux élèves d'élaborer des hypothèses ou des conjectures doivent favoriser ce dialogue entre d'une part les connaissances institutionnalisées et donc reconnues comme un corps de savoirs dans la classe, et d'autre part les observations, les manipulations qui peuvent être effectuées.

- ***(4) « une pensée contrôlée par des normes (intellectuelles, éthiques, techniques, pragmatiques…), ces normes étant elles-mêmes tantôt prédéfinies et tantôt à construire »***

Les normes, auxquelles Fabre fait ici référence, dépendent du contexte de la problématisation. Elles servent à définir les conditions du problème et la forme des solutions. Concernant la forme des solutions, dans l'enquête policière, il s'agit par exemple d'obtenir une preuve matérielle et non de simples aveux. En sciences et mathématiques, il s'agit de requérir un contrôle par les pairs, en mathématiques (souvent en physique et plus rarement en biologie) d'exprimer la solution dans un langage formel. Concernant les conditions du problème, en sciences et mathématiques, les normes sont définies par le cadre théorique dans lequel le problème est résolu. Concernant la digestion par exemple, selon que l'on se réfère à un cadre explicatif mécaniste ou chimique, on n'a pas recours aux mêmes conditions.

Dans la classe il s'agit pour le professeur de bien identifier les normes qui permettront de guider la pensée et d'exprimer la solution. Il s'agit de transposer la surveillance scientifique tout en prenant en compte des facteurs propres à l'enseignement comme les acquis des élèves, leur maitrise de la technologie, le matériel expérimental disponible.

- ***(5) « une schématisation fonctionnelle du réel qui renonce à tout embrasser et à reproduire la réalité mais vise plutôt à construire des outils pour penser et agir. »***

L'idée défendue par Fabre en référence à Bachelard (1949) et Dewey (1993) est qu'il serait illusoire de vouloir questionner le réel dans sa globalité : « Le traitement des problèmes s'oppose à l'esprit d'inventaire » (Fabre, 2005a, p. 56). Ainsi, il ne s'agit pas de réduire le réel pour se le représenter mais d'en faire une représentation fonctionnelle pour le comprendre. Un même réel peut ainsi être problématisé différemment selon le projet initial.

Le travail du professeur est d'aider les élèves à préparer le « matériel de l'enquête » (Fabre, 2005a, p. 57, en référence à Dewey), à identifier les données et conditions liées à un problème donné ou à définir ou redéfinir un problème à partir d'une sélection de données et de conditions. La délimitation du champ d'étude est orientée par la discipline, voire même le domaine disciplinaire, qui face à un réel donné, oriente le problème qui peut être posé et les conditions et données à sélectionner.

Fabre & Musquer (2009a) traduisent la dynamique du processus multidimensionnel de la problématisation par un ensemble de quatre opérations qu'ils inscrivent dans un losange : la prise en compte des informations de l'énoncé initial du problème, la recherche des données, la recherche des conditions, la formulation des solutions (Figure 6). Ce losange est défini par deux axes, l'un horizontal entre le problème et les solutions, l'autre vertical entre les données et les conditions. Les opérations qui conduisent à une élaboration de conjectures ou d'hypothèses ne s'inscrivent pas dans un processus linéaire ; d'une part elles empruntent l'axe vertical et l'axe horizontal, d'autre part elles s'effectuent avec des allers-retours entre le problème et les solutions. Ainsi, le problème est positionné et construit à partir de l'identification et de la mise en relation des données et des conditions (Figure 6, flèches bleues, traits pointillés), cette mise en relations des données et conditions permet de formuler des hypothèses ou des conjectures (Figure 6, flèches bleues, traits gras). Hypothèses et conjectures sont critiquées au regard de ces mêmes éléments (Figure 6, flèches rouges, trais gras), ces critiques sont susceptibles de permettre d'identifier de nouvelles données ou conditions et de conduire à redéfinir le problème (Figure 6, flèches rouges, traits pointillés).

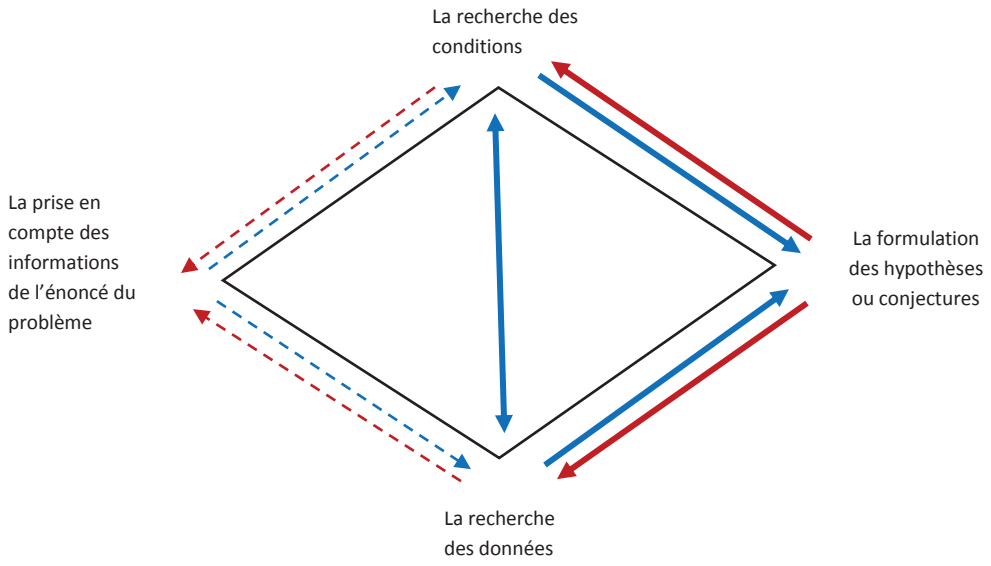


Figure 6: Losange de la problématisation, d'après Fabre & Musquez 2009a, p. 52 (en traits pointillés le travail sur le problème, en gras le travail sur les hypothèses et conjectures)

3.4.3. Approche didactique de la problématisation

Fabre & Musquer (2009a) identifient des *obstacles* qui empêchent de problématiser. Nous précisons les caractéristiques de ces obstacles et comment ces auteurs proposent d'aider les élèves à les dépasser.

- ***Des obstacles épistémologiques aux opérations de problématisation***

Le terme d'obstacles est utilisé en référence aux « obstacles dans un cadre bachelardien » (Fabre & Musquer, 2009a, p. 111).

Bachelard (1938) introduit une rupture entre les savoirs scientifiques et les connaissances communes de la vie quotidienne en revendiquant que la science n'est pas le prolongement du sens commun et qu'il existe des obstacles à l'acte de connaître :

> « Quand on cherche les conditions psychologiques des progrès de la science, on arrive bientôt à cette conviction que c'est en termes d'obstacles qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique. Et il ne s'agit pas de considérer des obstacles externes, comme la complexité et la fugacité des phénomènes, ni d'incriminer la faiblesse des sens et de l'esprit humain : c'est dans l'acte même de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une sorte de nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles. C'est là que nous montrerons des causes de stagnation et même de régression, c'est là que nous décèlerons des causes d'inertie que nous appellerons des obstacles épistémologiques. » (Bachelard, 1938/1993, p. 13)

Ainsi, les *obstacles épistémologiques* ne sont pas des manques de connaissances mais une culture de premier aspect qui apparait comme une entrave intérieure pour accéder à un savoir scientifique

(*ibidem*). Bachelard ne reconnait pas de tels obstacles en mathématiques qui sont selon lui régit par la seule logique :

> « En fait, l'histoire des mathématiques est une merveille de régularités. Elle connait des périodes d'arrêt. Elle ne connait pas de périodes d'erreurs. » (Bachelard, 1938/1993, p. 22)

Nous avons mis en évidence dans le § 2.1.3 que les mathématiques entretiennent comme les sciences un rapport à l'expérimental et au monde empirique. Cela a conduit Brousseau (1976) a introduire le concept d'obstacle épistémologique en didactique des mathématiques. En 2010, il propose un dossier de synthèse sur les obstacles épistémologiques[26] dans lequel il reconnait leur rôle aussi bien dans la recherche que dans l'enseignement. Il fait l'hypothèse que la position de Bachelard était liée soit à l'opinion des mathématiciens et des philosophes de l'époque qui concevaient la progression de la pensée mathématique effective sur le modèle de la construction déductive des textes standards, soit à son ignorance sur le fonctionnement des mathématiques en amont de la rédaction de ses résultats. En conséquence, il nous semble pertinent d'envisager des obstacles à la problématisation aussi bien en sciences qu'en mathématiques.

Fabre & Musquer (2009a) repèrent deux types d'obstacles épistémologiques susceptibles d'empêcher une problématisation. Les premiers sont les obstacles spécifiques aux contenus travaillés, soit des obstacles sur les savoirs du problème, des solutions, des données ou/et des conditions. Ces obstacles sont donc disciplinaires. Les deuxièmes sont des obstacles plus généraux qui concernent la logique d'un processus de problématisation en deux dimensions (Figure 6). Il s'agit de la unidimensionnelle susceptible de précipiter directement sur la solution sans prendre le temps de construire le problème, et une pensée à trois dimensions refusant d'appauvrir méthodologiquement le réel pour l'embrasser tout entier.

- ***Les inducteurs de problématisation***

Fabre & Musquez proposent d'accompagner la problématisation des élèves par des *inducteurs de problématisation*. De tels inducteurs ont pour fonction de faciliter les opérations de problématisation, de dépasser les obstacles susceptibles de les empêcher :

> « Les inducteurs de problématisation sont des aides bien spécifiques, susceptibles de provoquer l'activité cognitive de l'élève et ceci par rapport aux différentes opérations du processus de problématisation (position, construction et résolution du problème). » (Musquer & Fabre, 2010a, p. 49)
>
> « Ils sont censés favoriser les opérations de problématisation, contrer les obstacles » (Musquer, 2011, p. 112)

[26] Premières découvertes des obstacles épistémologiques et didactiques en mathématiques (2010). http://guy-brousseau.com/541/presentation-du-dossier-1-%C2%AB-obstacles-epistemologiques-%C2%BB/ consulté le 3 février 2016

L'enjeu d'un inducteur est d'aider l'élève à problématiser sans le faire à sa place, il vise à « orienter » sa recherche sans lui dire comment faire. Un inducteur est un élément du milieu[27], indépendant de l'élève et des éléments du problème :

> « Ne confondons pas l'inducteur avec les processus mentaux qu'il est censé enclencher chez les élèves. L'inducteur appartient au milieu, c'est un élément extra-psychique. Distinguons-le également des éléments du problème (par exemple les données, les conditions…) à l'élaboration desquels, il est censé contribuer. L'inducteur consiste plutôt dans une certaine manière de questionner, de présenter les données, d'induire les conditions, ou encore dans le fait de suggérer ou de critiquer des hypothèses de solution » (Fabre & Musquer, 2009b, p. 51)

Un inducteur peut prendre des formes variées. Ce peut être par exemple une façon de questionner, la question « Comment ce que l'on mange nous fait grandir ? » oriente vers l'identification de la donnée « manger induit une prise de poids », alors que la question « Comment le lapin fait du lapin en mangeant de l'herbe ? » oriente vers l'identification de la condition « l'herbe doit être transformée ». Ce peut être également une façon de présenter les données, un tableau mettant en relation un ensemble de données peut par exemple aider à identifier des conditions. Le trait de surface de l'inducteur (questionnement, tableau, mais aussi observation, expérience, disposition des élèves) constitue son *amorce* (Fabre & Musquer, 2009b, p. 51). Un même inducteur peut posséder différentes amorces et une même amorce peut être utilisée pour des inducteurs différents.

Un inducteur peut émerger du milieu, suite par exemple à des interactions entre des élèves, mais il peut également être anticipé par le professeur :

> « Ils sont anticipés par le professeur ou émergent de la situation d'apprentissage » (Musquer, 2011, p. 111)

Le professeur peut donc durant la préparation d'une situation d'enseignement prévoir des inducteurs qui selon leur amorce impliqueront une production de ressources.

L'analyse de la banque de situations-problèmes de De Vecchi (2004) conduisent Fabre & Musquer (2009b) a repérer cinq inducteurs orientant des opérations de problématisation différentes. Il s'agit :

> « - des inducteurs de position du problème, spécifiant plus ou moins les conditions (type a) ou les données (type b) ;
>
> - des inducteurs visant l'émission d'hypothèses en fonction des conditions (type d) ou en fonction des données (type e) ;
>
> - des inducteurs visant la critique des solutions au regard des données (type e) ;

[27] Ces auteurs utilisent selon leurs textes le terme de « milieu » ou l'expression « milieu pédagogique » (Fabre & Musquer, 2009b, p. 46) ou « milieu didactique et pédagogique » (Fabre & Musquer, 2009a, p. 129) sans se référencer à un auteur. Leurs écrits montrent que le milieu est davantage décrit en référence à Y. Chevallard (1989a), qui le considère comme l'ensemble des objets concrets, mais également de nature symbolique, présents dans l'environnement de l'étude des élèves que comme (Brousseau, 1998)ou Margolinas (2002) qui s'intéressent également aux rétroactions de ce milieu sur les apprentissages des élèves.

- des inducteurs visant à articuler données et conditions du problème (…) (type c). » (Fabre & Musquer, 2009b, p. 51)

La Figure 7 relie les inducteurs aux différents obstacles qu'ils sont susceptibles de contrer. Les inducteurs peuvent accompagner la démarche dans le sens de la recherche de solutions ou dans le sens de la critique et de l'argumentation des solutions.

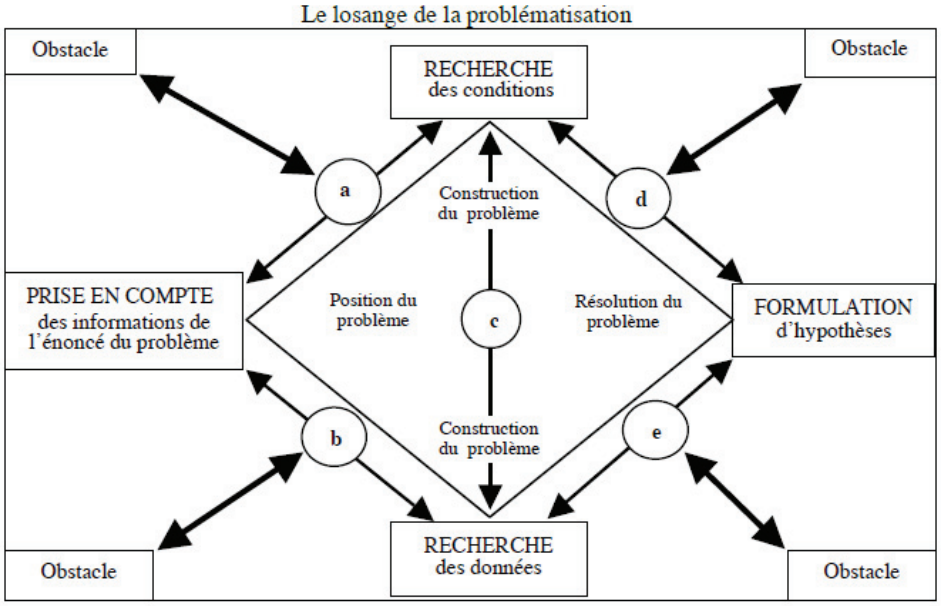


Figure 7 : Le losange de la problématisation reliant obstacles et inducteurs de la problématisation (Musquer & Fabre, 2009a, p117)

Un inducteur est un inducteur potentiel en ce sens qu'il ne présage en rien de son effet sur les élèves :

« Leur présence ne garantit en rien l'activation du processus de problématisation chez l'élève. On n'est pas dans un schéma stimulus/réponse. » (Fabre & Musquer, 2009a, p. 113)

Fabre & Musquer (2009a) placent la « Théorie des inducteurs » comme une théorie permettant une analyse *a priori* de situations d'enseignement ou *a posteriori* des pratiques des enseignants du point de vue des problématisation permises aux élèves. Nous situons notre travail dans le cadre d'une analyse des situations d'enseignement préparées par des professeurs. Dans une démarche analogue à celle proposée par Musquer & Fabre (2010b) dans un contexte de formation des enseignants, nous n'attendons pas que les professeurs de notre étude mobilisent l'idée d'inducteur, mais nous proposons de nous appuyer sur ce concept pour caractériser les aides conçues pour les élèves.

3.4.4. La problématisation : un cadre articulant le spécifique et le générique entre les disciplines

Les analyses des problèmes et de leurs solutions provisoires (§ 2.1.2) et des modalités de leur mise à l'épreuve (§ 2.1.4) ont mis en évidence des points communs mais également des spécificités entre les sciences et mathématiques, et plus largement entre les domaines disciplinaires. En se référant à Bachelard qui défend l'idée d'une régionalisation des sciences Fabre ancre la problématisation dans les disciplines en reconnaissant les problèmes comme positionnés dans un champ de connaissances :

> « C'est seulement en interrogeant les savoirs à enseigner, tels qu'ils sont constitués dans les différentes disciplines, que la notion de problème reçoit toute sa charge épistémologique. » (Fabre, 1999, p. 5)

Pour Fabre (1999), la construction des problèmes est déterminée par des raisonnements qui sont ancrés dans la structure profonde des connaissances du domaine (p. 13 à 19) :

> « la résolution des problèmes ne relève pas seulement de capacités générales mais également de caractéristiques spécifiques de représentation et de traitement des contenus : mécanique, électricité, arithmétique… » (Fabre, 199, p. 16).

Si les opérations constitutives d'une démarche de problématisation sont communes aux disciplines, elles « ne peuvent fonctionner à vide », elles sont lestées de savoirs (Fabre & Musquer, 2009a, p. 126). De plus les obstacles épistémologiques susceptibles d'empêcher ces opérations, de même que les inducteurs à mettre en place, sont propres aux savoirs questionnés, donc aux disciplines.

La problématisation nous semble être un cadre pertinent pour étudier l'élaboration d'hypothèses ou de conjecture en mathématiques, SPC et SVT car elle permet de dégager un cadre générique d'analyse des situations d'enseignement préparées tout en prenant en compte les spécificités des savoirs disciplinaires en jeu. Ceci explique probablement que ce cadre a été éprouvé en mathématiques, en SPC et en SVT et qu'il est considéré comme majeur pour l'étude des problèmes en SVT (Orange, 2012). Il a donné lieu à de nombreux travaux aussi bien en biologie (Beorchia, 2003 ; Lhoste, 2008), qu'en géologie (Crépin-Obert, 2010 ; Orange-Ravachol, 2003 ; Orange Ravachol & Beorchia, 2011). Plus récemment il a été exploré en didactique des mathématiques (Hersant, 2010; Musquer, 2009) et en didactique de la physique (Briaud, 2013). Hersant et Ravachol se sont attachées à montrer en quoi la problématisation permettait de réunir l'étude des démarches d'investigation en mathématiques et en SVT (Hersant & Orange-Ravachol, 2012 ; Hersant & Orange Ravachol, 2015). La problématisation nous semble être un cadre pertinent pour étudier l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures en mathématiques, SPC et SVT en prenant en compte les dimensions

génériques et spécifiques des démarches d'investigation entre les disciplines.

Dans toutes les disciplines, élaborer des hypothèses ou des conjectures dans le cadre d'une problématisation implique de prendre conscience de ce qui est à résoudre, c'est-à-dire de déterminer la position du problème, d'identifier et de mettre en relation ses données et ses conditions, autrement dit de construire le problème. Les premières formulations de solutions peuvent être mises en défaut au regard de données ou de conditions non encore identifiées, elles peuvent être soumises à la controverse par la confrontation des possibles identifiés au sein de la classe ce qui peut conduire à recherche de nouvelles données ou conditions ou même à la reformulation du problème. Les hypothèses et les conjectures sont donc indissociables du problème qui leur a donné naissance et des arguments qui délimitent le champ de leurs possibles, ce sont des construits. Elles sont donc éloignées des premières idées spontanées exprimées au hasard, premier système explicatif à disposition des élèves.

3.5. Articulation des cadres théoriques et question de recherche

Nous présentons comment l'articulation des cadres théoriques mobilisés nous permettent d'étudier des évolutions des connaissances orientant un WPHC (§ 3.5.1) avant de présenter notre question et notre hypothèse de recherche (§ 3.5.2) et les contributions possibles de notre recherche au programme ReVEA (§ 3.5.3).

3.5.1. Articulation des cadres théoriques mobilisés

Notre recherche articule deux cadres théoriques principaux, *l'approche documentaire du didactique* (Gueudet & Trouche, 2010a, 2010b)(Gueudet & Trouche, 2010a, 2010b), (§ 3.1), et la *problématisation* (§ 3.4), pour étudier des évolutions des connaissances professionnelles qui orientent un WP_{HC} dans un collectif codisciplinaire (mathématiques, SVT, SPC). Le WP_{HC} correspond à la famille d'activité qui vise à engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses en sciences et de conjectures en mathématiques, le travail de préparation d'un professeur étant spécifié par le thème disciplinaire choisi.

L'approche documentaire du didactique, issue de l'ergonomique cognitive, prend en compte les relations de dépendance étroites existant entre l'activité productive de conception des ressources d'un WP_{HC} et l'activité constructive qui soutient des évolutions des connaissances professionnelles orientant cette activité, dans ses dimensions individuelles et collectives (interactions sociales entre les professeurs, interactions entre les professeurs et leurs ressources matérielles, qu'elles soient individuelles ou partagées).

Le concept de ressource est un concept flou qu'il est souvent nécessaire de qualifier pour préciser ce qu'il recouvre. Nous différencions par exemple les *ressources mères* qui sont mises au travail, des *ressources filles* produites qui sont prêtes à être utilisées dans la classe. Nous introduisons le concept de *métaressource* (§ 3.2) pour désigner des ressources qui possèdent un *niveau constitutif* spécifique, celui de *l'explicitation*. Nous faisons l'hypothèse que de telles ressources génèrent des *médiations à forte composante épistémique* et permettent ainsi de renforcer des conceptualisations.

Nous utilisons des modèles de connaissances, également issu de l'ergonomie cognitive, pour analyser les connaissances professionnelles qui sont au cœur de genèses documentaires codisciplinaires. Il s'agit du *modèle opératif* et du *savoir-processus* (§ 3.3). Le premier permet de considérer l'organisation de l'activité dans sa globalité alors que le second permet de décortiquer l'organisation des actions. L'articulation de ces deux modèles de connaissances permet de combiner une approche analytique et holistique de l'organisation de l'activité de façon à limiter la perte de sens soit par excès d'analyse, soit par excès de généralité ou de complexification (Grangeat, 2008). Concernant l'analyse des éléments constitutifs d'un savoir-processus nous avons précisé les caractéristiques de l'indice pour aider l'analyse des connaissances en jeu dans l'activité spécifique du travail de préparation (§ 3.3.2).

Le modèle de connaissances choisi peut difficilement à lui seul permettre d'apprécier des évolutions des connaissances. Si des variations de l'organisation du modèle opératif ou des savoirs-processus, comme par exemple une augmentation de la hiérarchie des buts, une diversification des règles d'action pour un même but, peuvent mettre en évidence un développement professionnel, ils restent limités pour apprécier leur incidence sur les apprentissages des élèves. Pour préciser les évolutions des connaissances étudiées, nous l'articulons avec le cadre de la problématisation.

La problématisation permet de caractériser les activités scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures d'un point de vue *épistémologique* et *didactique* aussi bien en mathématiques qu'en SPC ou SVT. Il permet de caractériser la valeur épistémologique des tâches proposées aux élèves et leurs effets possibles sur leur apprentissage. Il rend ainsi possible une analyse des évolutions du modèle opératif et des savoirs-processus qui orientent un WP_{HC} dans les différentes disciplines étudiées.

Nos cadres théoriques contribuent ainsi à articuler une approche ergonomique, épistémologique et didactique.

3.5.2. Question et hypothèse de la recherche

Au début de notre étude, nous nous sommes proposée de dégager des conditions susceptibles de favoriser des interactions codisciplinaires au sein d'un collectif réunissant des professeurs de SVT, SPC et mathématiques afin de favoriser le développement des connaissances professionnelles qui orientent un WP_{HC}. Nos analyses préalables et les cadres théoriques mobilisés nous conduisent à

proposer une conception codisciplinaire de *métaressources* pour stimuler de telles interactions et favoriser des genèses documentaires codisciplinaires qui associent étroitement production de ressources et développement des connaissances professionnelles.

Ces propositions déterminent notre question de recherche et notre hypothèse de recherche :

- ***Question de recherche***

Le travail de préparation de professeurs de mathématiques, de SPC et de SVT pour engager des élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures : Quels sont les effets de genèses documentaires codisciplinaires de métaressources sur le modèle opératif qui oriente cette activité ?

- ***Hypothèse de recherche***

Des genèses documentaires codisciplinaires attestées de métaressources favorisent des évolutions du modèle opératif qui oriente cette activité. Ces évolutions permettent d'inscrire davantage les tâches des élèves dans le cadre d'une problématisation.

3.5.3. Une contribution au programme de recherche ReVEA

La tâche 3 du programme de recherche ReVEA a pour objectif de mieux comprendre le travail des professeurs autour de leurs ressources, en prenant en compte des aspects individuels, et des aspects collectifs au sein d'équipes d'établissements :

> « Il s'agit de réaliser des analyses précises des systèmes de ressources des professeurs, du travail des professeurs avec ces systèmes, et des évolutions de ces systèmes en lien avec leur travail documentaire. On s'intéressera aux aspects individuels du travail documentaire des professeurs, mais également à ses aspects collectifs, au sein d'équipes d'établissements (collèges et lycées). » (Document scientifique de l'ANR ReVEA, p. 21)

Or analyser les ressources des professeurs implique d'analyser leur travail documentaire, c'est-à-dire les ressources mais également les connaissances professionnelles en jeu :

> « Lorsque l'on parle de systèmes de ressources, il ne s'agit pas d'une simple liste de ressources (que celles-ci soient matérielles, numériques, ou même humaines), mais également du travail documentaire des professeurs avec ces ressources, et des connaissances professionnelles en jeu dans ce travail » (Tâche 3 - Livrable 3.1, p. 3)[28]

[28]Etat des lieux des systèmes de ressources. Profils de professeurs individuels et profils de collectifs dans les établissements. http://www.cfem.asso.fr/actus-revea/livrables/livrable-revea-3.1

Notre recherche est susceptible de contribuer à la tâche 3 de la recherche ReVEA, d'une part en développant une méthodologie permettant un recueil de données pour l'étude des connaissances professionnelles qui orientent un travail documentaire, d'autre part en effectuant une étude de cas du développement des connaissances dans un contexte caractérisé par l'activité étudiée (la production de métaressource pour le WP_{HC}) et les modalités de fonctionnement du collectif (la codisciplinarité).

4. Un cadre et des outils d'analyse du *sens* d'un WP_{HC}

Nous avons construit, en appui sur les approches ergonomique, épistémologique et didactique de nos cadres théoriques, un cadre d'analyse pour l'étude des évolutions du modèle opératif qui soutient le WP_{HC} d'un professeur. Il est constitué de trois outils : le premier repose sur une analyse du *sens* (Deleuze, 1969) d'un WP_{HC} (§ 4.1) ; le deuxième articule une analyse ergonomique et épistémologique pour prendre en compte les traits génériques d'un WP_{HC} (§ 4.2) ; le troisième articule les analyses précédentes à une analyse didactique pour spécifier un WP_{HC} à un savoir disciplinaire (§ 4.3).

4.1. Trois axes d'analyse du sens d'un WP_{HC}

Nous adoptons le point de vue de Deleuze (1969) pour définir le *sens d'un* WP_{HC} (§ 4.1.1) en caractérisant sa référence (§ 4.1.2), sa signification (§ 4.1.3) et sa manifestation (§ 4.1.4). Nous dégageons ainsi trois axes qui constituent le premier outil d'analyse.

4.1.1. Le sens d'un WP_{HC}

Pour apprécier les qualités d'un travail de préparation ayant pour objectif d'engager les élèves dans une élaboration d'hypothèses ou de conjectures, nous cherchons à identifier le *sens* de cette activité du point de vue épistémologique et du point de vue des apprentissages possibles en nous référant à Deleuze (1969). Pour ce philosophe, en toutes choses il y a un *sens* déterminable. Si nous consultons les définitions de ce terme rencontrées dans les dictionnaires Larousse et Trésor de la langue française, le *sens* d'un objet est soit sa « signification » (ce qu'il représente), soit son « fondement » (sa raison d'être, sa valeur, sa finalité)[29]. S'appuyant sur la philosophie du langage développée par Frege et Wittgenstein, Deleuze considère que le *sens* ne peut se confondre avec l'un ou l'autre de ces points de vue. Apprécier le *sens* d'un objet à partir de sa « signification » ou bien de son « fondement » ne peut en donner qu'une vision parcellaire. Il souligne également que le *sens* d'un objet ne peut être dissocié du monde auquel il se réfère. Ainsi, pour ce philosophe, le *sens* se déploie dans trois dimensions qu'il dénomme : la *signification,* la *manifestation* et la *référence.* La *signification* d'un objet est définie comme son rapport avec « des concepts universels et généraux » (Deleuze, 1969, p. 24), la *manifestation* comme son « rapport au sujet qui parle et qui s'exprime » (p. 23) et la *référence* (encore appelé *désignation* ou *indication*) comme son « rapport à un état de choses extérieur » (p. 22).

Fabre (1997) et Coquidé (2003) se sont emparés du concept de *sens* tel que défini par Deleuze, le premier pour étudier le *sens* des fonctions du problème dans les activités scolaires, la seconde pour

[29] Trésor de la Langue française : http://www.cnrtl.fr/definition/sens, Larousse : http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sens/72087

interroger le *sens* des formes scolaires de l'expérimentation. Nous nous référons à ce concept pour caractériser le *sens d'un* WP_{HC}, c'est-à-dire le *sens* qu'un travail de préparation est susceptible de conférer aux tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures, le *sens* recherché étant celui qui permet d'inscrire ces tâches dans une problématisation.

4.1.2. La référence d'un WP_{HC}

Nous retenons la *référence* d'un WP_{HC}, c'est-à-dire son rapport au monde, comme étant le savoir qui est objet de la problématisation. Nous appelons ce savoir, le *savoir de référence*. Nous le caractérisons :

- par son domaine de connaissances et par ses obstacles épistémologiques qui définissent ce que nous nommons le *cadre théorique* de la problématisation (approche épistémologique) ;
- en repérant sa place dans les programmes, de façon à identifier les attentes dans le niveau scolaire enseigné et les prérequis des élèves (approche didactique). Par prérequis nous entendons les contenus de programme qui ont été enseignés antérieurement, ils se différencient des acquis des élèves.

Une problématisation développe des apprentissages liés au savoir de référence et aux compétences en jeu dans les opérations de problématisation. Selon les objectifs d'apprentissages visés, le savoir de référence est choisi par un professeur pour développer davantage l'un de ces deux types d'apprentissages.

4.1.3. La signification d'un WP_{HC}

La *signification* est le rapport aux concepts (Deleuze, 1969). Fabre (1997) définit la *signification* du problème dans les démarches scientifiques à l'école par la *valeur épistémologique* qu'il accorde au savoir scolaire dans ses contenus et ses démarches. Adoptant ce point de vue, nous définissons la *signification* d'un WP_{HC} par la *valeur épistémologique* que ce travail de préparation accorde aux hypothèses et aux conjectures dans les situations d'enseignement préparées (approche épistémologique).

La valeur épistémologique des hypothèses et des conjectures est déterminée à partir de l'analyse épistémologique que nous avons réalisée dans le § 2.1 et du cadre de la problématisation qui a été choisi pour les étudier (§ 3.4).

Les hypothèses et les conjectures qui possèdent la valeur épistémologique recherchée ont les caractéristiques suivantes :

- elles s'inscrivent dans le cadre de la résolution d'un problème ;
- ce sont des solutions provisoires à un problème mathématique (des propriétés, des règles) ou scientifique (des explications pouvant être de différentes natures) visant une meilleure compréhension du monde matériel, vivant ou abstrait ;
- elles ne sont pas directement accessibles ;
- elles sont fondées sur des arguments, non directement accessibles, qui délimitent le champ de leurs possibles.

Ces caractéristiques sont intrinsèquement liées au problème. D'une part le problème ancre la recherche dans un champ de savoirs disciplinaires et définit la nature des solutions recherchées (propriétés, règles, explication), d'autre part il détermine l'accessibilité des solutions et des arguments que nous appelons la *résistance* du problème. Nous évaluons la résistance du problème en nous appuyant sur les concepts de *complétude* et de *degré d'ouverture* du problème tels que Fabre (1993, 1999) les définis. La *complétude* se réfère à ce qui est apporté avec l'énoncé du problème : les données, les conditions et les chemins possibles pour aller du problème perçu aux solutions argumentées. Un problème est *complet* quand on peut percevoir distinctement ces éléments, il est *incomplet* quand les élèves ont la responsabilité de les compléter. *Le degré d'ouverture* est déterminé par la diversité des chemins possibles pour aller du problème perçu aux solutions argumentées. Les problèmes qui ont la valeur épistémologique recherchée sont des problèmes *résistants* c'est à dire *incomplets* et *ouverts*.

La *signification* d'un WP_{HC} est donc déterminée par la *valeur épistémologique* du problème et celle des hypothèses ou des conjectures qui peuvent être formulés par les élèves : un *problème scientifique* ou *mathématique résistant*, qui conduit à des solutions provisoires fondées sur des arguments, attribue la *signification* recherchée au WP_{HC}.

4.1.4. La manifestation d'un WP_{HC}

Deleuze (1969) exprime la *manifestation* comme son rapport au sujet qui parle, qui s'exprime, qui agit. La *manifestation* d'un WP_{HC} est dirigée vers les élèves. L'évaluer consiste à apprécier en quoi la préparation soutient les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Elle relève d'une approche didactique.

La *manifestation* d'un WP_{HC} repose sur l'analyse des connaissances des élèves qui sont en lien avec le savoir de référence et avec les opérations de problématisation. Il s'agit dans un premier temps de repérer leurs acquis, leurs manques, leurs conceptions initiales susceptibles de constituer des

difficultés, voire des obstacles. Dans un second temps, il s'agit, en appui sur cette analyse, de choisir des *inducteurs de problématisation* (§ 3.4.3) qui puissent les aider à positionner et à construire le problème de façon à pouvoir élaborer des solutions qui soient argumentées. La *manifestation* visée est celle qui est susceptible de proposer des inducteurs adaptés aux besoins des élèves pour soutenir les opérations de problématisation sans les effectuer à leur place.

Les trois axes d'analyse du sens permettent de porter des regards différents et complémentaires sur le WP_{HC} d'un professeur. Cependant cet outil d'analyse ne permet pas à lui seul d'étudier des évolutions du *sens* du modèle opératif qui oriente un WP_{HC} contextualisé à un savoir disciplinaire. Nous présentons dans les parties suivantes les deux autres outils complémentaires pour nos analyses.

4.2. Une modélisation de la structure conceptuelle

Nous proposons un outil pour guider l'analyse des connaissances qui orientent un travail de préparation appartenant à la famille d'activité WP_{HC}. Sa conception repose sur une analyse de la tâche experte correspondante, en appui sur les axes d'analyse du sens d'un WP_{HC} (outil 1), de façon à dégager la structure conceptuelle de cette famille d'activité (articulation de l'approche ergonomique et épistémologique). Il s'agit de repérer l'organisation des principaux buts génériques qui permettent d'attribuer un sens au WP_{HC}, indépendamment du savoir de référence, de la problématisation choisie et du contexte d'enseignement. Cette *modélisation de la structure conceptuelle de la tâche experte* constitue notre deuxième outil d'analyse. Elle correspond à un ensemble de buts hiérarchisés autour des trois dimensions critiques suivantes : caractériser la référence, attribuer une signification, soutenir la manifestation (Tableau 3). Elle se rapproche d'une MRG experte.

Cette modélisation ne représente pas le décours de l'activité d'un professeur qui elle s'organise en fonction de facteurs tels que les connaissances du professeur susceptibles de soutenir son action, des éléments contextuels et des rétroactions de son activité. Par exemple, selon le contexte, l'analyse de la résistance du problème peut être un préalable à son choix ou peut être exercée pour s'assurer de la pertinence des choix effectués.

Dimensions critiques	Buts	Sous-buts
Caractériser la référence	Faire une analyse épistémologique du savoir de référence et des savoirs sur les données et les conditions	• Définir le savoir scolaire qui peut faire l'objet d'une problématisation. • Identifier le domaine scientifique ou mathématique dans lequel le problème sera résolu. • Identifier les savoirs sur les données et sur les conditions. • Identifier les obstacles épistémologiques liés au savoir de référence, aux savoirs sur les données et les conditions
	Faire une analyse curriculaire du savoir de référence et des savoirs sur les données et les conditions	• Repérer les prérequis du programme relatifs au savoir de référence, et aux savoirs sur les données et sur les conditions. • Repérer les objectifs du programme, sur le savoir de référence, les savoirs sur les données et sur les conditions
Attribuer une signification	Déterminer la valeur épistémologique du problème et de ses solutions	• Choisir (ou favoriser la construction) d'un problème scientifique ou mathématique. • Déterminer les données et les conditions qui seront fournies aux élèves et celles qu'ils devront rechercher.
	Analyser la résistance du problème	• Identifier les données et les conditions nécessaires pour formuler des solutions argumentées. • Identifier les chemins possibles pour aller du problème perçu aux solutions argumentées. • Identifier la diversité des solutions (dans le cas de la recherche d'une méthode). • Identifier les arguments qui justifient les solutions.
Soutenir la manifestation	Analyser l'accessibilité des opérations de problématisation conduisant à élaborer des solutions	• Repérer les connaissances des élèves relatives au savoir de référence, aux savoirs sur les données et sur les conditions. • Confronter les connaissances des élèves aux opérations de problématisation conduisant à élaborer des solutions.
	Soutenir l'élaboration de solutions par des inducteurs	• Sélectionner ou produire des inducteurs pour aider les élèves à élaborer des solutions argumentées. • Repérer les moments où les inducteurs pourront être introduits dans le milieu. • Identifier à qui les inducteurs sont destinés (tous les élèves, certains, des groupes d'élèves, …).

Tableau 3 : modélisation de la structure conceptuelle de la tâche experte.

4.3. Une modélisation de la tâche experte contextualisée

Pour évaluer en quoi un modèle opératif oriente le sens d'un WP_{HC} nous nous appuyons sur l'analyse des écarts entre son travail de préparation et la tâche experte correspondant à un thème disciplinaire donné (§ 5.4.2.2 & § 5.4.3). Nous construisons pour cette analyse un troisième outil qui modélise la *tâche experte contextualisée* en instanciant les buts de la structure conceptuelle à partir des spécificités du thème choisie (articulation approche ergonomique et didactique). Ces spécificités sont liées au savoir de référence (ex : la production d'une expression littérale en mathématiques, la compression des gaz en physique, la production de lithosphère océanique en SVT), mais également aux savoirs sur les données et sur les conditions (ex : la lettre en algèbre, les propriétés des gaz, la composition de la lithosphère). Cette modélisation consiste à identifier et décrire les actions qui confèrent du sens à ce WP_{HC} contextualisé à partir des buts génériques repérés (dimensions critiques, buts et sous-buts de l'outil 2). Elle consiste à produire une MRD experte.

Une telle modélisation articule une analyse épistémologique et didactique du problème, des savoirs en jeu et des opérations de problématisation concourant à l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Ces analyses sont conduites en appui sur les principales ressources mères qui soutiennent le travail de préparation et à partir des ressources produites. Ce dernier outil d'analyse, contextualisé à la situation d'enseignement préparée, est présenté au moment de l'analyse des résultats (§ 7.3).

La Figure 8 présente les analyses effectuées (en orange) pour concevoir les outils d'analyse de la recherche (en bleu). L'analyse des évolutions du modèle opératif orientant un WP_{HC} (en vert) s'appuie sur la complémentarité de ces outils. Ces différents outils sont mis à l'épreuve de nos analyses dans le § 7.

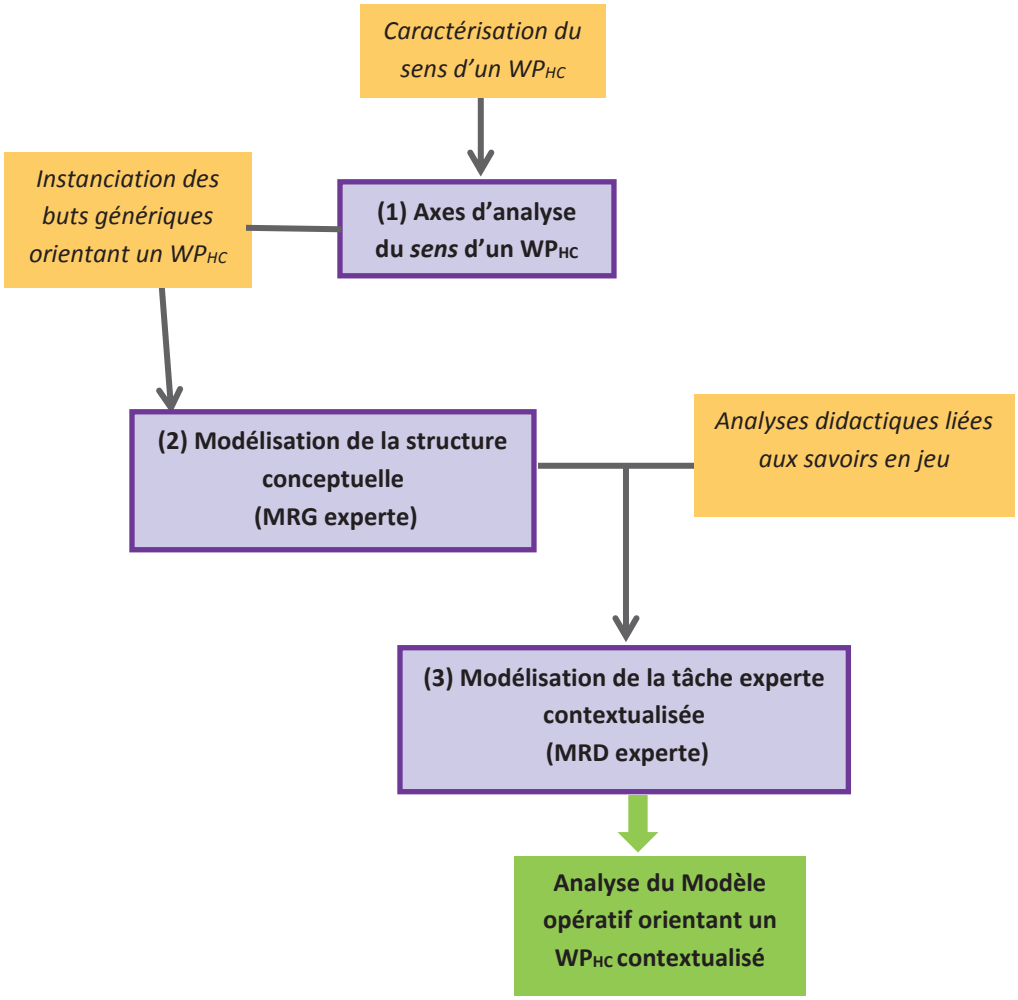


Figure 8 : Cadre d'analyse du modèle opératif orientant un WP_{HC} contextualisé à un savoir disciplinaire.

5. Méthodologie de recueil et d'analyse des données

Nous présentons dans cette partie la méthodologie *d'ingénierie d'investigation réflexive* (§ 5.1) ainsi que le dispositif expérimental appelé *réalisation d'investigation réflexive* que nous avons construit pour favoriser des genèses codisciplinaires de métaressources (§ 5.2) et pour pouvoir en attester (§ 5.3). Nous présentons ensuite la méthodologie d'analyse des évolutions du modèle opératif qui oriente un WP_{HC} (§ 5.4) avant de conclure sur la méthodologie de notre recherche (§ 5.5).

La réalisation mobilise un ensemble d'outils méthodologiques qui intègrent des propositions des professeurs, dans une perspective de *conception dans l'usage* (§ 3.1.1). Cette conception dans l'usage nécessite d'analyser la réception de ces outils par les professeurs, les usages qu'ils développent ainsi que les ajustements éventuels à opérer, en interaction avec les acteurs concernés. Dans cette perspective, notre méthodologie s'appuie sur deux catégories d'outils méthodologiques dont les fonctions sont les suivantes :

- s'assurer que la réalisation prenne bien en compte les propositions des professeurs tout en préservant, sur la durée, les hypothèses qui ont guidés la conception de la réalisation ;
- recueillir les données permettant d'attester des genèses documentaires et d'analyser leurs effets sur les conceptualisations des professeurs.

Les premiers outils génèrent des données qui sont analysées dans cette partie, les deuxièmes génèrent des données qui sont analysées dans la partie 0 (analyse des genèses documentaires au sein du collectif), et la partie 7 (analyse du modèle opératif qui oriente un WP_{HC}).

5.1. Une ingénierie d'investigation réflexive

Pour répondre à notre problématique, nous avons construit une méthodologie qui emprunte à la méthodologie d'*ingénierie didactique* (Artigue, 1988) et qui s'articule avec la méthodologie d'*investigation réflexive* (Gueudet & Trouche, 2010a). Nous analysons dans cette section les apports de l'une et de l'autre et comment nous les adaptons et les articulons pour notre recherche.

5.1.1. La méthodologie d'ingénierie didactique

L'expression *ingénierie didactique* a émergé au début des années 1980 dans le domaine de la didactique des mathématiques, avant de s'étendre dans différents domaines des recherches en éducation. Dans un premier temps nous définirons *l'ingénierie didactique* en montrant ses relations possibles avec la recherche (§5.1.1.1). Dans un second temps, nous présentons les fondements de cette forme de travail didactique à partir d'un texte rédigé par Chevallard (1982) à la suite de la 2e école d'été de didactique des mathématiques (§ 5.1.1.2), puis nous exposons sa formalisation en tant que méthodologie par Artigue (1988), (§5.1.1.3), avant de présenter son utilisation pour notre étude (§5.1.1.4).

5.1.1.1. L'ingénierie didactique « pour la connaissance » versus « pour l'usage »

A ce stade, nous désignons par l'expression *ingénierie didactique* une forme de travail en référence au travail de l'ingénieur. Une telle ingénierie repose sur l'élaboration d'un dispositif possédant des enjeux d'apprentissage ou de développement professionnel, en appui sur des connaissances scientifiques issues de la recherche. Elle désigne, selon le contexte, la forme de travail ou le dispositif élaboré. Pour éviter des confusions, nous utiliserons préférentiellement, dans la suite de notre texte, l'expression *réalisation didactique* mobilisée par Chevallard (1982) pour désigner le dispositif issu d'une ingénierie didactique.

L'ingénierie didactique est aujourd'hui utilisée dans le champ de l'enseignement, de l'école primaire à l'université de différentes disciplines, et dans celui de la formation des professionnels, notamment celle des professeurs. Selon les auteurs, l'ingénierie didactique entretient différentes relations avec la recherche. Chevallard (2009) met en évidence, à partir d'un recensement des formes d'ingénieries didactiques rencontrées dans des textes de recherche ou textes professionnels, que ses usages s'inscrivent en tension entre deux pôles :

- un pôle où l'ingénierie est au service de la recherche pour impulser son développement (la méthodologie de recherche formalisée par Artigue (1988) en didactique des mathématiques (§ 5.1.1.3) se situe au niveau de ce pôle) ;
- un pôle où l'ingénierie didactique, conçue en appui sur la recherche, est au service d'utilisateurs externes à la recherche. La conception de dispositifs de formation professionnelle, tels que les définit Pastré (1999), se situe au niveau de ce deuxième pôle :

  > « On propose d'appeler (…) ingénierie didactique professionnelle tout ce qui relève de la production de ressources éducatives, utilisant ou non des nouvelles technologies, mais s'appuyant sur des situations de travail qui servent de supports à la formation et au développement des compétences professionnelles. (…) Elle s'appuie sur des références théoriques, qu'on peut situer à l'interface, et dans le prolongement historique, de l'ergonomie cognitive d'un côté, de la didactique des disciplines scientifiques de l'autre. » (Pastré, 2009, pp. 403-405)

Nous réservons dans notre recherche l'expression *ingénierie didactique* à la désignation d'une méthodologie de recherche qui prend appui sur des apports théoriques et qui a pour visée la production de nouveaux savoirs scientifiques.

5.1.1.2. L'ingénierie didactique comme forme de travail didactique

La réflexion conduite par Chevallard (1982) au début des années 1980 contribue à situer l'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche. Dans le contexte d'une didactique des mathématiques encore jeune, il questionne les pratiques scientifiques porteuses de théorisation pour cette discipline. Il souhaite se démarquer des méthodologies qui ne s'appuient pas sur des

pratiques réelles d'enseignement (ex : entretien, questionnaire) ou qui juxtaposent la recherche aux pratiques sans les articuler (recherche-action). Il explore pour cela les potentialités de l'ingénierie didactique en la regardant comme une forme de travail qui s'apparente à celui de l'ingénieur.

Chevallard situe le travail de l'ingénieur dans une activité de production en appui sur des connaissances scientifiques préétablies :

> « L'ingénierie est une activité adossée à l'activité et aux résultats de la science (…) l'ingénieur peut et doit prendre appui sur la science la plus récente » (1982, pp. 4-5)

Il souligne qu'un ingénieur est confronté à des situations réelles, complexes, qu'il résout aussi, en partie, de façon empirique :

> « Le travail de l'ingénieur doit bien se soumettre à l'interpellation scientifique pour exister en tant que tel, il n'en demeure pas moins, par nature, non entièrement transparent à l'élucidation scientifique (…). Il anticipe la science mais sans savoir au juste quand et comment. » (Chevallard, 1982, pp. 5-6)

Ainsi Chevallard défend l'idée que, si la recherche est une condition à l'ingénierie, l'ingénierie peut apparaitre comme une *condition* à la recherche. *L'ingénierie didactique est* alors perçue comme un moyen d'interroger le réel des enseignements et apprentissages dans la classe pour en déduire de nouveaux éléments de théorie :

> « Ce que le concept d'ingénierie nous apporte, c'est de pouvoir penser autrement des pratiques jusque-là condamnées à rester enfermées dans l'empirisme et le tour de main. » (Chevallard, 1982, p. 17) ;

> « Le mouvement de théorisation est ainsi une réponse à un *besoin de théorie* que le didacticien rencontre dans le champ de sa pratique ». (Chevallard, 1982, p. 34)

L'ingénierie prend toute sa place dans les recherches de type « action pour l'action et pour la recherche » (Chevallard, 1982, p. 22), c'est-à-dire des recherches qui s'appuient sur des réalisations didactiques produites par le chercheur. Ces réalisations sont, pour le chercheur, les *conditions* de possibilité de l'étude des phénomènes didactiques recherchés et de l'émergence de nouveaux concepts, et, pour le professeur, des supports à sa pratique. Les réalisations visées articulent ainsi théorie et pratique : elles sont produites à partir d'une théorie qui est mise à l'épreuve dans la pratique des acteurs. En référence à Bachelard (1934), Chevallard (*ibid.*) assimile ces réalisations à des *phénoménotechniques didactiques*, c'est-à-dire des dispositifs permettant de faire une étude empirique des phénomènes didactiques.

5.1.1.3. L'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche

Artigue (1988) formalise l'*ingénierie didactique* en tant que méthodologie de recherche dans un texte fondateur de la revue *Recherches en didactique des mathématiques*. Ce texte sera repris dans un ouvrage de didactique des mathématiques rassemblant des « textes de base en pédagogie » (Brun, 1996). A la fin des années 1990, l'enjeu est d'élaborer une méthodologie de recherche qui soit en

cohérence avec la *théorie des situations didactiques* (Brousseau, 1998), théorie majeure de référence des travaux en didactique des mathématiques (Artigue, 2002). Artigue (1988) formalise cette méthodologie à partir du texte de Chevallard (1982) présenté dans le paragraphe précédent et de différents travaux mobilisant ce cadre théorique, en particulier ceux de Douady (1984) et de Brousseau (1986). Artigue (1988) décrit la méthodologie d'ingénierie didactique comme étant basée sur la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de situations d'enseignement pour l'étude d'objets locaux (ex : étude de l'apprentissage d'un concept) ou plus globaux (ex : étude de dispositifs d'apprentissage tels que le « débat scientifique » (Legrand, 1993). Elle distingue quatre phases qu'elle définit de la façon suivante :

- ***L'analyse préalable***

C'est une analyse large et précise du système didactique composé de l'élève, du maître et du savoir en jeu, pour identifier et améliorer un point reconnu comme peu satisfaisant. Selon les cas, elle mobilise un cadre théorique général ou/et des connaissances relatives au sujet ou/et des analyses préliminaires. Selon le sujet choisi, les analyses peuvent intégrer des dimensions épistémologiques, cognitives ou encore didactiques. Bien que dénommées *préalables*, ces analyses sont reprises et approfondies aux différentes phases du travail. Elles permettent de dégager des *variables de commande* c'est-à-dire des variables pertinentes pour le problème étudié. Ces variables concernent l'organisation de l'ensemble de l'ingénierie (ex : choix d'un outil informatique utilisé sur l'ensemble d'une séquence) ou la détermination de choix plus locaux (ex : choix d'une variable didactique relative à une séance, voire à une phase de cette séance). Ces analyses fondent les hypothèses de recherche.

- ***La conception de l'ingénierie et l'analyse a priori***

L'analyse *a priori* est contextualisée au système didactique choisi, elle est à la fois descriptive et prédictive. Elle consiste à décrire les choix de conception et les caractéristiques de l'ingénierie, à faire une analyse de son enjeu pour le problème étudié, à prévoir les comportements possibles des élèves pour pouvoir déterminer en quoi ils sont la manifestation des effets escomptés. L'analyse *a priori* guide ainsi le processus de conception et engage celui de la validation.

- ***L'expérimentation***

Elle vise à mettre en œuvre la réalisation didactique conçue et à recueillir les données qui participeront à éprouver les hypothèses de la recherche. Celles-ci sont des données obtenues *in situ*, ce sont par exemple des observations de classe, des productions d'élève. Elles peuvent être complétées par des données issues de méthodologies externes comme des questionnaires et des entretiens.

- ***L'analyse a posteriori et la validation***

L'analyse *a posteriori* est conduite en appui sur toutes les données recueillies. Une confrontation entre l'analyse *a priori* et l'analyse *a postériori* a pour objectif de rechercher les conformités et les distorsions entre ces deux analyses et ainsi mettre à l'épreuve les hypothèses engagées dans la recherche.

La méthodologie d'*ingénierie didactique* a ainsi été formalisée pour l'étude des apprentissages des élèves en mathématiques dans le cadre de la théorie des situations didactiques. C'est une méthodologie expérimentale, basée sur des *réalisations didactiques,* qui se démarque des méthodologies de type laboratoire externe à la classe. Son objectif est de prendre en compte la complexité du système étudié en exerçant un contrôle assez fort de la contingence de la classe. Elle repose sur une *validation interne* qui met en jeu une confrontation entre une analyse *a priori* dans laquelle sont prises en compte un certain nombre d'hypothèses issues d'une *analyse préalable*, et une analyse *a posteriori* qui s'appuie sur des données issues de la réalisation didactique effective. Elle se distingue des validations par comparaison entre un groupe expérimental et un groupe témoin. Sanchez & Monod-Ansaldi (2015) reconnaissent l'ingénierie didactique comme une méthodologie appartenant aux *recherches orientées par la conception,* c'est-à-dire des recherches tentant de réduire la distance qui sépare théorie et pratique en concevant des situations fondées sur les produits de la recherche.

5.1.1.4. Une ingénierie didactique pour notre recherche

Nous analysons dans cette partie en quoi la méthodologie d'ingénierie didactique, bien que questionnée au sein de la communauté des didacticiens (Chevallard, 2009 ; Orange, 2010) est adaptée à notre recherche. Nous présentons ensuite ses instanciations nécessaires et ses limites pour notre étude.

- ***Une méthodologie en cohérence avec nos cadres théoriques***

Le cadre de la théorie des situations didactiques, qui fonde la méthodologie d'ingénierie didactique, se centre sur les *situations didactiques* qui organisent le *milieu didactique* c'est-à-dire tout ce qui agit sur l'élève ou /et ce sur quoi l'élève agit, qu'il s'agisse d'objets physiques, culturels, sociaux, humains (Brousseau, 2003). L'élève développe ses connaissances au fil de ses interactions avec ce milieu.

Les cadres que nous avons choisis pour étudier l'activité de préparation des professeurs, nous conduit à nous intéresser aux évolutions des connaissances des professeurs dans le contexte de leur situation de travail. Cette situation organise les interactions entre le professeur, ses ressources, les élèves et leurs collègues. Dans cette perspective, l'ingénierie didactique constitue une méthodologie qui est en cohérence avec les cadres théoriques choisis pour étudier l'activité de préparation des professeurs et les connaissances qui sont au cœur de cette activité. Elle nous conduit à construire

une situation de travail pour soutenir les interactions codisciplinaires entre les professeurs, et entre les professeurs et leurs ressources. Cependant, dès son introduction, cette méthodologie a été questionnée. Quelles sont ces critiques et en quoi peuvent-elles nous permettre de mieux situer les apports d'une ingénierie didactique pour notre recherche ?

- ***Une ingénierie didactique pour l'étude d'une « niche expérimentale »***

Au début des années 2000, Artigue dresse un bilan de l'utilisation de cette méthodologie pour les recherches en didactique dans un article intitulé « Ingénierie didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? » (Artigue, 2002). Selon elle, les réalisations didactiques imposent des contraintes trop fortes aux acteurs et elles sont souvent trop éloignées du quotidien et des pratiques de la classe. Ceci peut expliquer que l'ingénierie didactique a tendance à être délaissée au profit d'approches donnant plus de place aux pratiques « ordinaires » des professeurs et s'appuyant sur des collaborations entre chercheurs et professeurs pour la conception de situations didactiques. Dans cette idée, Sanchez & Monod-Ansaldi (2015) insistent sur la rupture existant entre l'ingénierie didactique et la *recherche orientée par la conception* qui est fondée sur un partage des praxéologies du chercheur et du professeur, à partir d'un dispositif flexible.

Artigue (2002) considère cependant que l'ingénierie didactique reste utile pour explorer des situations qui ont peu de chance d'émerger dans des conditions écologiques non contraintes et qu'elle permet de provoquer et d'analyser des résultats qui ne seraient pas obtenus autrement :

> « Elle constitue une méthodologie particulièrement performante, et tout particulièrement quand la recherche doit s'appuyer pour pouvoir avancer, sur des constructions didactiques que l'observation naturaliste du système ne permet pas d'observer, que l'on va donc perturber sciemment son fonctionnement usuel. » (p. 68)
>
> « (sa) fonction : ouvrir le champ des possibles de l'enseignement en construisant une niche expérimentale où un objet non observable directement puisse vivre et où certaines caractéristiques de son fonctionnement puissent être analysées. » (p. 69)

Elle exprime encore que cette méthodologie « demeure pour le didacticien un instrument incomparable lorsqu'il s'agit de concevoir et étudier des possibilités de formes de vie un tant soit peu nouvelles. » (p. 70-71). Dans ces conditions, l'ingénierie didactique rejoint les *situations forcées* qui visent à « créer des événements didactiques nouveaux en lien avec les objectifs de recherche et analysables dans le cadre théorique mobilisé. » (Orange, 2010, p. 78).

La méthodologie de notre recherche doit nous permettre d'étudier le développement du modèle opératif qui oriente un travail documentaire codisciplinaire ayant pour objectif de conduire les élèves à élaborer des hypothèses ou des conjectures. Dans cette perspective, lors de la première année de notre étude, nous nous sommes intéressée à un collectif constitué de professeurs de mathématiques, SPC, SVT et technologie qui avait pour objectif de concevoir des séances

d'investigation impliquant les différentes disciplines dans le projet « Développement des cultures scientifique et numérique. Egalité des chances »[30]. Nous avons profité de ce terrain pour explorer des éléments méthodologiques adaptés à notre étude. L'objectif de conception étant partagé entre les professeurs concernés, nous avons tenté de contraindre le moins possible l'organisation de leur travail. Face à la complexité de la tâche, les professeurs ont manifesté de nombreuses difficultés à coordonner le travail collectif, à concevoir des situations qui articulent les disciplines et qui soient susceptibles d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Au bout d'une année, le développement des connaissances professionnelles concernées nous est apparu très pauvre dans la mesure où les professeurs n'avaient pas dépassé les difficultés rencontrées. Fort de ce constat, pour la deuxième année de notre étude, nous avons ressenti la nécessité d'approfondir nos analyses préalables pour mieux identifier les conditions du développement des connaissances des professeurs, et soutenir davantage leurs pratiques afin de constituer une « niche expérimentale » propice à notre étude.

- ***L'association des professeurs à une ingénierie didactique***

Artigue (2002) pointe également les critiques adressées aux rôles du professeur dans une ingénierie didactique, le professeur ayant tendance à être considéré comme une figure transparente, en marge de la recherche. S'il est considéré comme un partenaire car il expérimente la réalisation didactique, il est peu associé à sa conception. Ceci conduit Arsac & Mante (1989) a le présenter comme un exécutant susceptible d'introduire des perturbations par ses interprétations possibles :

> « Le chercheur se heurte au fait que l'enseignant qui expérimente une situation conçue par le premier "interprète" la situation. » (cité par Artigue, 1988, p 302)

Dans cette perspective, les difficultés de transmission d'une réalisation didactique peuvent être expliquées par des écarts non conciliables entre la praxéologie du professeur et celle du chercheur :

> « (…) quand nous décrivons des séquences d'enseignement en vue de leur transmission hors recherche, le fait de nous adresser à un public potentiel de non-didacticiens nous incite à gommer le didactique de la description. Selon un phénomène classique, de peur de ne pas être compris, nous quittons le registre de la communication scientifique pour celui de la pensée naturelle. » (Artigue, 1988, p. 301)

Or les rôles attribués au professeur dans une ingénierie didactique à la fin des années 1980 sont à remettre dans le contexte historique des recherches sur le travail enseignant qui ne font qu'émerger. A partir des années 1990 les recherches sur la professionnalité enseignante ont conduit à réviser cette posture. Le professeur est aujourd'hui reconnu comme un « partenaire du chercheur dans la conception et l'expérimentation d'ingénierie didactique » (Artigue, 2002, p. 66). La collaboration entre chercheur et professeur ne s'oppose plus, la participation du professeur est envisagée de façon

[30] Projet de conception de ressources conduit en partenariat entre la Direction des services départementaux de la Côte d'Or et l'IFÉ au sein du LéA Côte d'Or. http://ife.ens-lyon.fr/sciences21

positive comme un moyen de mieux inscrire la réalisation didactique dans la réalité des pratiques enseignantes. Nous nous situons dans cette perspective et attribuons aux professeurs une part de responsabilité dans la conception de notre réalisation (§ 5.2.5).

- ***Instanciation de l'ingénierie didactique à notre recherche***

Nous faisons donc le choix de référer notre méthodologie à une *ingénierie didactique* (Artigue, 1988). Elle articule une *analyse préalable*, la conception d'une *réalisation* en appui sur une analyse *a priori,* et, enfin, une validation par confrontation entre l'analyse *a priori* et *a posteriori*. Elle en diffère toutefois par son objet d'étude (les évolutions du modèle opératif des professeurs pour nous, *versus* les apprentissages des élèves pour Artigue), et par le recueil de données que nous préciserons au § 5.1.2.

Nos analyses préalables nous ont permis d'identifier des conditions pour le développement du modèle opératif des professeurs. Les *variables de commande* (§ 5.1.1.3) retenues sont la *codisciplinarité* et une *production de métaressources* ayant pour objectif de soutenir un WP_{HC}. Ces variables guident la conception d'une *réalisation* qui a pour objectif de favoriser l'émergence d'un collectif et d'assister des genèses codisciplinaires de métaressources au sein de ce collectif. En appui sur notre triple approche, épistémologique, didactique et ergonomique, nous avons conduit des analyses *a priori* qui nous ont permis d'élaborer les outils d'analyse de la recherche.

- ***Limites de l'ingénierie didactique pour notre recherche***

Les caractéristiques de l'activité étudiée et nos hypothèses de recherche révèlent que le choix unique de *l'ingénierie didactique* comme méthodologie de notre recherche rencontre des limites. Un travail de préparation n'est pas limité au lieu unique de la classe et au temps de la ou des séance(s) d'enseignement, il peut se dérouler en des lieux divers et durant des moments variés. Le suivi du travail de préparation peut donc difficilement faire l'objet d'observations directes, il nécessite une méthode adaptée de recueil de données.

Par ailleurs, nos hypothèses de recherche impliquent de mettre à l'épreuve le développement du modèle opératif des professeurs, or celui-ci est un processus qui s'inscrit dans la durée. Dès l'introduction de l'*ingénierie didactique*, Artigue (1988) pointait les faiblesses de cette méthodologie pour apprécier de tels processus :

> « Les hypothèses mêmes engagées explicitement dans les travaux d'ingénierie sont souvent des hypothèses relativement globales, mettant en jeu des processus d'apprentissage à long terme, que l'ampleur de l'ingénierie ne permet pas nécessairement de faire entrer réellement dans une démarche de validation. » (Artigue, 1988, p. 298)

Pour pouvoir étudier des évolutions du modèle opératif des professeurs, nous devons donc nous attacher à concevoir une *ingénierie* qui s'inscrive dans la durée et qui prenne en compte les

caractéristiques de l'activité étudiée (temps, espace), et du processus recherché (genèse documentaire, évolutions du modèle opératif).

La méthodologie d'*ingénierie didactique* nous permet de construire une *réalisation* pour assister des genèses documentaires codisciplinaires de métaressources, ainsi que les outils d'analyse participant à une validation interne de nos hypothèses. Cette méthodologie ne permet cependant pas de recueillir les données nécessaires à l'étude des connaissances qui orientent cette activité productive. Nous proposons pour cela de l'articuler à la *méthodologie d'investigation réflexive* (§ 5.1.2).

5.1.2. La méthodologie d'investigation réflexive

Nous présentons les fondements de la méthodologie *d'investigation réflexive* (§ 5.1.2.1) et son instanciation pour notre étude (§ 5.1.2.2).

5.1.2.1. L'investigation réflexive pour l'étude du travail documentaire

L'approche documentaire du didactique soulève des questions méthodologiques que nous partageons :

> « Comment suivre les genèses documentaires qui se déploient nécessairement sur des durées longues, dans et hors de l'espace de la classe, avec des composantes individuelles et collectives » (Gueudet & Trouche, 2012, p. 5).

L'investigation réflexive est une méthodologie spécifique qui s'est développée en articulation avec cette approche théorique. Elle se donne pour objectif d'analyser le travail documentaire des professeurs en suivant au plus près les processus qui se jouent dans les interactions entre les professeurs et les ressources (Gueudet & Trouche, 2010a). Elle est donc complémentaire de *l'ingénierie didactique* pour notre étude.

La recherche engagée dans le cadre du SFoDEM[31] entre 2000 et 2006 (Guin et al., 2008 ; Guin & Trouche, 2008) a contribué à mettre à l'épreuve des éléments méthodologiques pour *l'approche documentaire du didactique*. Son objectif était de modéliser une démarche conduisant à l'émergence de communautés de pratique de professeurs et au développement de ressources partagées. Elle nécessitait donc de suivre le travail documentaire des professeurs en prenant en compte les composantes individuelles et collectives. Pour cela, des professeurs étaient associés à la recherche et contribuaient à un recueil de données instrumenté, sur la durée. Ce recueil s'appuyait par exemple sur le *curriculum vitae d'une ressource* qui regroupait des informations sur les transformations successives apportées à une ressource. Cet outil avait une visée pragmatique pour constituer une mémoire collective au sein de la communauté, il permettait également de recueillir des données

[31] Suivi de Formation à Distance des Enseignants de Mathématiques

permettant au chercheur de saisir des processus de transformation des ressources. On retrouve ici des éléments méthodologiques qui fondent l'investigation réflexive et qui ont par la suite été structurés autour des quatre principes suivants (Gueudet & Trouche, 2010a) :

- principe de *durée longue* du suivi pour pouvoir étudier l'activité et le développement professionnel des professeurs en saisissant des éléments de stabilité et d'évolution ;
- principe de suivi *en tout lieu*, en classe mais également hors classe, pour prendre en compte l'activité réelle du professeur ;
- principe de *recueil étendu* des ressources matérielles utilisées et produites dans le travail documentaire qu'elles soient individuelles ou issues des échanges avec d'autres acteurs (élèves, enseignants, formateurs, inspecteurs) ;
- principe de *suivi réflexif* du travail documentaire qui consiste à associer le professeur au recueil de données et à solliciter son regard réflexif sur son travail documentaire, celui-ci étant le seul à avoir accès à l'ensemble de son activité.

Cette méthodologie s'est dotée de divers outils. Certains outils, issus d'autres méthodologies, ont été adaptés à l'étude du travail documentaire. Il s'agit d'un questionnaire de présentation générale ; d'enregistrements vidéo de séance de classe, mais également du travail de préparation ; d'entretiens conduits en appui sur *l'instruction au sosie* (Clot, 1995) pour saisir le système de ressources du professeur ou *d'entretien d'explicitation* (§ 3.3.1) pour mieux comprendre le choix et les transformations des ressources ; d'un *journal de bord* pour suivre le travail documentaire dans ses aspects individuels, mais aussi collectif. D'autres outils, spécifiques à cette méthodologie, ont également été développés comme la *représentation schématique du système de ressources* (Gueudet & Trouche, 2010c ; Sabra, 2008) ou la *représentation schématique du travail collectif* (Hammoud, 2012). Depuis 2014, des prolongements de cette méthodologie visent à construire, pour un professeur et un thème donné, une *valise documentaire*[32]. Cette valise rassemble un ensemble de matériaux pour analyser le travail documentaire du professeur et pour le comparer à partir de critères choisis (ex : discipline, ancienneté) à celui d'autres professeurs. Nous avons testé des éléments de *la valise documentaire* dans le programme de recherche ReVEA pour l'étude du travail documentaire de professeurs de sciences appartenant à un collectif pluridisciplinaire au lycée.

[32] http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire/documentation-valise/documentation-valise-1

5.1.2.2. L'instanciation de la méthodologie d'investigation réflexive à notre recherche

L''*investigation réflexive* est une méthodologie qui nous permet de suivre les genèses documentaires codisciplinaires de métaressources qui peuvent se déployer au sein du collectif étudié. Nous montrons dans cette partie comment nous instancions les principes méthodologiques de *l'investigation réflexive* pour recueillir les données de notre recherche.

- ***Un recueil étendu***

Nous recueillons le plus grand nombre possible des ressources issues de l'activité du collectif et partagées en son sein. Pour chaque professeur, il s'agit principalement des différentes versions des métaressources et autres ressources résultant d'un WP_{HC}, pour étudier *des évolutions du modèle opératif* qui oriente son activité, et des ressources mères participant au WP_{HC}, pour identifier les *effets des évolutions du modèle opératif sur leur sélection*. Il s'agit également des écrits issus des interactions au sein du collectif, dans la perspective d'apprécier des effets de la codisciplinarité sur des évolutions des connaissances des professeurs.

- ***Un suivi continu***

Le principe de suivi en tout lieu (Gueudet & Trouche, 2010b) est essentiel pour suivre un travail de préparation qui se déroule principalement en dehors de la classe (même s'il s'articule avec l'activité en classe), qu'elle soit passée ou à venir. Le travail de préparation peut avoir lieu dans des espaces dispersés, souvent au domicile (ex : chambre, bureau) ou au sein du collège (ex : salle de classe, laboratoire, salle des professeurs, CDI[33]), mais également dans d'autres lieux (ex : lieu de vacances, autre établissement). Un travail de préparation peut encore s'effectuer à divers moments de la journée, de la semaine, de l'année scolaire, et sur des durées variables. Il est contraint par des facteurs professionnels (ex : réunions, progression des élèves) mais également personnels (ex : vie familiale, rythme de travail). En utilisant un journal de bord, l'investigation réflexive s'outille pour suivre un travail documentaire de façon relativement continue, quel que soit le moment où il se déroule. La justification de cette règle n'est cependant pas explicitée dans les principes méthodologiques énoncés par Gueudet & Trouche (2010b), elle ne l'est pas plus dans le principe de suivi continu mobilisé par Sabra (2008) et Hammoud (2012) pour suivre le travail documentaire des professeurs dans diverses communautés. De tels principes, par ailleurs, ne sont pas mobilisés dans les premiers développements méthodologiques de la valise documentaire qui privilégient une focalisation sur des moments choisis de la préparation du professeur. Une telle approche se détourne en partie de l'activité ordinaire car elle doit être programmée avec le chercheur et s'effectuer sur un temps défini. Elle présente en revanche l'avantage de recueillir des données vidéo

[33] Centre de documentation et d'information

pour une approche fine du travail documentaire de la préparation d'une situation d'enseignement jusqu'à l'analyse critique de sa mise en œuvre.

Pour pouvoir suivre le travail de préparation des professeurs tout en leur laissant la liberté de l'organiser, nous érigeons en principe le fait que notre *suivi continu* doit s'efforcer de prendre en compte non seulement la *diversité des espaces*, mais également la *diversité des moments* de l'activité.

- ***Une durée longue***

Les évolutions des savoirs-processus, et leur réorganisation au sein du modèle opératif qui oriente l'activité de préparation, sont des processus qui s'inscrivent dans la durée. Nous suivons le travail documentaire des professeurs et les conceptualisations qui les accompagnent sur une durée de 18 mois, entre les mois de novembre 2012 et d'avril 2014. Cette durée est contrainte par le temps qui est imparti à notre étude. Nous sommes conscients qu'il ne s'agit pas vraiment d'une « durée longue », mais nous faisons l'hypothèse qu'elle serait suffisante pour favoriser des genèses.

- ***Un suivi réflexif***

En référence à Sensevy (2007), Gueudet & Trouche (2010a) considèrent que l'action du professeur est au moins en partie intentionnelle et que celui-ci est donc à même de contribuer à l'éclairage de la structure de son activité. Ils proposent de susciter la *réflexivité* du professeur sur sa propre pratique en mettant en place des dispositifs méthodologiques lui permettant de « se raconter » (Power, 2008). Nous rapprochons cette position théorique de celle adoptée par Grangeat & Munoz (2011a), en référence à Theureau (2006), pour étudier les savoirs-processus qui guident l'activité professionnelle :

> Les acteurs « ont une compréhension implicite de leur vécu et notamment des choix qu'ils effectuent. Cette conscience, que l'on peut qualifier de préréflexive, fait que l'activité peut être montrée, racontée et commentée. » (p. 148)

Cela nous conduit à associer les professeurs au recueil de données en suscitant leur réflexivité sur un WP_{HC}, qu'il soit générique ou lié à un thème disciplinaire donné, dans la discipline enseignée ou dans les autres disciplines du collectif. Les éclairages apportés par les professeurs sur leur travail documentaire devraient nous permettre d'identifier ou d'inférer les éléments constitutifs des savoirs-processus en jeu dans la conception des ressources liées à un WP_{HC} sur un thème donné.

L'instanciation proposée de l'investigation *réflexive* a pour objectif de nous permettre de recueillir les données nécessaires à l'étude des connaissances qui orientent un WP_{HC} tout en soutenant l'activité à étudier.

5.1.3. Une ingénierie d'investigation réflexive

Nous mettons en évidence dans cette partie comment l'articulation entre une *ingénierie didactique* et une *investigation réflexive* nous conduit à proposer une méthodologie originale que nous dénommons *ingénierie d'investigation réflexive* (§5.1.3.1). Cette méthodologie suppose une participation des professeurs à la recherche, que ce soit pour la conception codisciplinaire de métaressources ou pour *l'investigation* de leur travail documentaire ; or une telle participation soulève des difficultés (§5.1.3.2). Nous nous référons aux propositions faites par Sabra (2008) pour construire un terrain expérimental qui puisse associer les professeurs à la recherche (§ 5.1.3.3), et sur le concept de *participation* (Zask, 2011) (§ 5.1.3.4), pour proposer les principes méthodologiques susceptibles de stimuler une participation effective des professeurs à notre recherche (§ 5.1.3.5).

5.1.3.1. Articulation d'une ingénierie didactique et d'une investigation réflexive

Notre *ingénierie didactique* s'articule à une *investigation réflexive* par l'intermédiaire des ressources produites dans le cadre de la réalisation. Ces ressources ont pour objectif de soutenir une réflexion dans la discipline enseignée et dans les autres disciplines du collectif, de favoriser l'explicitation du travail documentaire et de porter des traces écrites des interactions entre les professeurs. Ces métaressources possèdent donc des caractéristiques favorables pour soutenir un suivi réflexif des professeurs et produire les données pour mettre à l'épreuve les hypothèses de la recherche. Ainsi, les professeurs, acteurs de l'ingénierie, participent à l'investigation réflexive à partir d'outils méthodologiques qui sont les ressources qu'ils produisent dans le cadre de la réalisation. Cela nous conduit à dénommer notre méthodologie *ingénierie d'investigation réflexive*. Elle s'appuie sur une *réalisation d'investigation réflexive* que nous désignons par la suite par le seul terme de *réalisation*.

5.1.3.2. Des difficultés à susciter la participation des professeurs

Les essais méthodologiques effectués la première année de notre étude ont mis en évidence des écueils à éviter pour obtenir un engagement des professeurs dans une recherche. Lors de ces essais, les professeurs avaient donné leur accord sur la base d'un projet transmis par l'Inspectrice d'académie à leur chef d'établissement. L'engagement des professeurs avait été en partie contraint par l'institution et, de plus, le projet présenté par le chef d'établissement était en décalage avec celui proposé par l'IFÉ à l'institution. Ces premiers éléments peuvent expliquer une participation réduite des professeurs à la recherche. Par ailleurs, non soutenus en cours d'année par leur chef d'établissement dans l'organisation de leur travail (temps de concertation, emploi du temps, classes partagées), et n'ayant pas obtenu pour l'année suivante l'assurance d'enseigner dans les mêmes classes pour travailler sur des objets partagés, les professeurs ont fait le choix de se retirer du projet en fin d'année scolaire.

Ces expériences ont mis en évidence des difficultés pour construire un terrain expérimental qui suscite une adhésion des professeurs au projet de la recherche et leur participation effective sur la durée. Les éléments critiques repérés dans ce contexte sont de trois ordres : la compréhension du projet et de ses enjeux par les professeurs, la possibilité d'inscrire l'activité de la recherche dans le contexte professionnel et sa *reconnaissance* institutionnelle. Le terme de *reconnaissance* fait référence à Honneth (2004) qui la définit comme ce qui permet à un individu de s'appréhender comme possédant une valeur propre et comme étant un membre particulier d'une communauté sociale, cette reconnaissance étant indispensable pour la genèse de son identité et son épanouissement dans un groupe social :

> « chaque sujet humain est (-il) fondamentalement dépendant du contexte de l'échange social organisé selon les principes normatifs de la reconnaissance réciproque. La disparition de ces relations de reconnaissance débouche sur des expériences de mépris et d'humiliation qui ne peuvent être sans conséquences pour la formation de l'identité de l'individu. » (Honneth, 2004, p. 134)

5.1.3.3. Des conditions à la participation de professeurs à la recherche

Une réflexion sur les questions méthodologiques soulevées par l'association de professeurs aux recherches en didactique des mathématiques a été partagée entre jeunes chercheurs (Daina, Mathé, Pelay, & Sabra, 2011) au sein d'un séminaire de l'ARDM[34]. Sabra (2008) a approfondi cette réflexion pour l'étude du travail documentaire au sein de communautés et s'est intéressé au *contrat* liant les acteurs impliqués dans la recherche. Il caractérise le *contrat méthodologique* entre chercheur et acteurs d'un terrain expérimental à partir d'une analogie avec le *contrat didactique* (Brousseau, 1990) qui existe entre le professeur et les élèves :

> « Nous définissons le contrat méthodologique comme un ensemble d'attentes mutuelles entre le chercheur et l'acteur, essentiellement implicites, à propos d'une action didactique sur le terrain expérimental. » (Sabra, 2008, p. 66)

Il insiste sur l'intérêt d'expliciter ce contrat pour les professeurs associés à une recherche, même s'il reconnait qu'il est difficile de tout clarifier et que la position asymétrique du chercheur et des professeurs fait que tout ne peut être dit sur l'objet de la recherche. Dans un texte déposé sur le site Educmath[35], visant à développer les premières théorisations liées à l'approche documentaire du didactique, Gueudet & Trouche expriment l'importance d'expliciter, autant que faire se peut, le contrat qui lie le chercheur et le professeur au cours d'une rencontre préalable à la mise en place d'un dispositif d'*investigation réflexive* :

---

[34] Recherche en didactique des mathématiques

[35] http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/recherche/approche_documentaire/methodo_approchedoc_dec08.pdf

> « On le fait précéder d'une rencontre avec l'enseignant, au cours de laquelle on présente le dispositif, et on établit clairement le contrat de recherche. Le journal de bord, et le questionnaire de présentation personnelle ont a été envoyés par courrier électronique avant cette rencontre, qui permet de répondre aux questions que peut se poser l'enseignant. » (p. 4)

Engager les professeurs dans un projet est une première étape de leur participation, il s'agit ensuite de favoriser cet engagement dans la durée. Conduisant une *investigation réflexive* dans un contexte complexe (une diversité d'acteurs, au sein de communautés, sur une durée de plusieurs mois), Sabra (2008) cherche à éviter des dysfonctionnements méthodologiques risquant de provoquer une rupture du contrat et un arrêt de la recherche. Il propose l'idée d'une négociation possible et continue du contrat. Dans cette perspective, il introduit le principe méthodologique d'une *conception dans l'usage* (§ 3.1.1) au cours de laquelle chercheur et professeurs peuvent réviser les outils méthodologiques, tout au long de la recherche, afin qu'ils soient adaptés au mieux à leurs besoins respectifs. Hammoud (2012), qui a étudié sur la durée le travail documentaire d'un enseignement de chimie au sein de communautés variées, a mobilisé un *suivi prenant appui sur la conception dans l'usage*, mais celui-ci n'est présenté que du point de vue du chercheur pour que la méthodologie réponde à ses besoins. L'adaptation par les professeurs n'est pas mise en avant :

> « Ainsi, au cours de la mise en place de notre méthodologie, nous (chercheur) réorganisons constamment la structure de la méthodologie et nous nous attachons à développer les potentialités des outils méthodologiques afin d'apporter des éléments de réponse à nos questions de recherche. » (p. 97)

L'explicitation du *contrat méthodologique* et un suivi s'appuyant sur une *conception dans l'usage* de la méthodologie et de ses outils constituent des principes méthodologiques susceptibles de contribuer à l'adhésion des professeurs à un projet de recherche et à leur engagement sur la durée.

Lors de nos essais méthodologiques, une explicitation plus approfondie du contrat méthodologique aux professeurs, mais également à l'Inspectrice d'Académie et au chef d'établissement, aurait permis aux acteurs une meilleure compréhension du projet et de ses enjeux et aurait pu favoriser une plus grande reconnaissance institutionnelle de l'activité des professeurs dans la recherche.

5.1.3.4. Prendre part, contribuer et bénéficier

- ***Participer Selon Zask***

Pour mieux comprendre comment favoriser une participation effective des professeurs à la recherche, nous nous référons à Zask (2011) qui décompose et articule la *participation* autour de trois figures : *prendre part*, *apporter une part* et *recevoir une part*. Nous présentons ci-dessous

comment elle définit ces trois figures de la participation, puis nous adaptons ce que peut signifier *participer* dans notre recherche.

« Prendre part », c'est une démarche personnelle et volontaire de faire quelque chose ensemble. Elle repose sur un intérêt individuel antérieur à la participation et sur une production commune recueillant l'intérêt de chacun. Le *prendre part* dépend de la qualité de l'association, les individus doivent se sentir égaux et doivent pouvoir prendre du plaisir à la compagnie de l'autre. *Prendre part*, c'est aller de l'individuel vers le commun.

« Apporter une part », c'est *contribuer*, c'est-à-dire s'investir personnellement dans le collectif. Une contribution est un acte d'investissement personnel qui respecte les trois conditions suivantes : être articulé aux questions ou besoins du collectif, porter la marque d'un intérêt et d'un effort à établir un échange, produire une réaction au sein du collectif. Ainsi contribuer, c'est s'investir personnellement vis-à-vis du commun.

« Recevoir une part », c'est *bénéficier*, c'est-à-dire profiter d'opportunités qui permettent de se réaliser en tant qu'individu dans un collectif : « Les bénéfices consistent en la mise à disposition d'opportunités d'individuation dans une société donnée. » (Zask, 2011, p. 13). Un bénéfice n'est donc pas une entité particulière, il est relatif à un individu. Il n'a pas le caractère unilatéral d'un don qui est délivré à un individu et qui reste un don même s'il est sans effet sur l'individu qui le reçoit. Un bénéfice est un apport de l'environnement issu de l'activité du collectif qui permet à l'individu de se réaliser.

Participer pleinement ce n'est pas participer selon l'une de ces trois manières mais c'est les articuler : « Prendre part permet de faire apparaître le point commun qui est la raison d'être du groupe », « contribuer correspond à l'acte d'investissement personnel au cours duquel le participant s'engage vis-à-vis de ce point commun » (Zask, 2011, p. 151), bénéficier permet de retirer de ce *prendre part* et de cette *contribution* les moyens de se réaliser. Retirer l'une des trois manières de participer c'est appauvrir la participation. Zask (2011) soulève les liens entre *participation* et *reconnaissance* des contributions d'autrui en référence à Honneth, la *reconnaissance* étant nécessaire pour *prendre part, contribuer* et pouvoir *bénéficier*.

- ***Participer à la réalisation***

Cette conceptualisation de la *participation* nous parait pertinente pour caractériser la participation des professeurs à notre recherche. Nous adaptons cette conceptualisation à notre étude qui s'intéresse au travail des professeurs en interaction avec des ressources et avec des personnes qui sont internes ou externes au collectif :

- Prendre part

C'est avoir une motivation pour l'objectif et les modalités de la recherche qui soit préalable à la participation, c'est être volontaire, c'est contribuer à l'objet de travail du collectif autrement dit c'est produire des métaressources, c'est encore prendre du plaisir et se sentir reconnu comme professionnel et comme professeur disciplinaire au sein du collectif.

- Apporter une part ou contribuer

C'est partager une ressource ou interagir avec un membre du collectif à propos d'un WP_{HC}. La ressource partagée ou le point de vue, la suggestion, la question exprimés, suscitent en retour une réaction ou un effet sur la ou les destinataires. L'effet peut se manifester par une réponse ou par l'instrumentalisation d'une métaressource.

- Recevoir une part ou bénéficier

C'est bénéficier de l'activité du collectif pour se réaliser en tant que professionnel au sein du collectif à propos de son objet de travail, ou, plus largement, au-delà du collectif et de ses préoccupations. Nous considérons qu'un professeur se réalise en tant que professionnel si sa participation au collectif enrichit son travail documentaire, c'est à dire s'il mobilise ou produit de nouvelles ressources, développe de nouveaux usages, entretient de nouvelles interactions professionnelles. Nous considérons qu'il se réalise d'autant plus que ces bénéfices ne sont pas guidés par les outils et les tâches de la réalisation.

La *participation* telle qu'elle est conceptualisée par Zask (2011) contribue à préciser les principes méthodologiques qui guident la conception d'une réalisation favorisant une *forte participation* des professeurs c'est-à-dire une participation qui articule les trois figures. Elle nous donne également un cadre d'analyse pour évaluer la *participation effective* des professeurs à la recherche (§ 5.3).

5.1.3.5. Des principes pour stimuler la participation des professeurs

En appui sur les résultats de nos essais méthodologiques, sur les propositions de Sabra (2008) concernant le *contrat méthodologique* et le principe d'une *conception dans l'usage*, et sur le concept de *participation* (Zask, 2011), nous proposons trois principes méthodologiques pour obtenir une *forte participation* des professeurs à une production codisciplinaire de métaressources et au recueil des données de la recherche.

- ***Le principe d'une participation de professeurs volontaires éclairés.***

Il s'agit d'associer à la recherche des professeurs qui sont volontaires après avoir été informés le plus largement possible sur l'objet, les modalités de la recherche, les responsabilités du chercheur et celles des professeurs. Cette information doit permettre aux professeurs de saisir l'adéquation entre la recherche et différents facteurs personnels comme leurs pratiques, leurs valeurs, leur disponibilité.

Ils doivent également pouvoir s'engager sans subir de pression venant de leur chef d'établissement, des corps d'inspection ou du chercheur. Ce principe soutient le *prendre part*.

- ***Le principe d'une conception dans l'usage***

Il s'agit de pouvoir réviser les outils méthodologiques tout au long de la recherche afin qu'ils soient adaptés aux intérêts ou/et pratiques des professeurs mais également aux besoins du chercheur. Ce principe s'appuie sur une flexibilité de ces outils et sur des espaces de négociation entre chercheur et professeurs. Ce principe peut soutenir le *prendre part* et le *apporter une part* dans la mesure où les outils peuvent ainsi être enrichis par des propositions des professeurs.

- ***Le principe d'une double reconnaissance institutionnelle***

Un professeur associé à une recherche appartient à deux vastes *institutions* (Chevallard, 2003), « l'institution éducation nationale » et « l'institution recherche en éducation ». Pour pouvoir *prendre part* et pour *contribuer* à une recherche, mais également en *bénéficier*, il est nécessaire qu'il se sente reconnu par ces deux institutions. Cette double reconnaissance du professeur comme acteur de la recherche suppose, d'une part, pour « l'institution éducation nationale » :

- d'inclure cette activité dans son temps régulier de travail (et de la rétribuer financièrement, si elle s'ajoute à un temps complet d'enseignement) ;
- de la considérer, comme le suggère un rapport de l'Inspection Générale sur l'évaluation des enseignants[36], comme contribuant à la valorisation du parcours professionnel ;
- de tenir compte des contraintes matérielles et organisationnelles qui lui sont liées (ex : aménagement d'emploi du temps, accueil du chercheur dans l'établissement) ;
- d'encourager le professeur à communiquer des résultats obtenus et à partager des ressources produites.

Cela suppose, d'autre part, pour « l'institution recherche en éducation » :

- d'intégrer le contexte de l'enseignement dans les activités de recherche ;
- de considérer l'expertise du professeur dans le domaine de l'enseignement ;
- de l'inclure dans les différentes productions de la recherche ;
- de lui faire profiter des outils et ressources de l'équipe de recherche et plus largement de l'institut qui la porte (l'IFÉ en l'occurrence).

Nous faisons l'hypothèse que ces trois principes permettront d'obtenir une forte participation des professeurs à notre *réalisation d'investigation réflexive*.

5.1.4. Conclusion portant sur la méthodologie de recueil des données

[36] L'évaluation des enseignants. Rapport - n° 2013-035 _ avril 2013
http://cache.media.education.gouv.fr/file/2013/17/2/2013-035_263172.pdf

Notre méthodologie *d'ingénierie d'investigation réflexive* est fondée d'une part sur la conception d'une *réalisation d'investigation réflexive* en appui sur les cadres théoriques de la recherche, et d'autre part sur la participation des professeurs au recueil des données à partir d'outils méthodologiques qui sont des produits du travail documentaire orienté par la réalisation. Cette méthodologie est soutenue par des principes qui ont pour objectif d'assurer la participation des professeurs à la réalisation. Ce sont les principes d'une *association de professeurs volontaires éclairés*, d'une *conception dans l'usage* des outils méthodologiques et d'une *double reconnaissance institutionnelle.* Le recueil des données est guidé par les principes d'un suivi *continu et réflexif,* sur *une durée longue*, à partir d'un *recueil étendu* des ressources partagées par le collectif pour recueillir des données qui sont au plus près de l'activité réelle des professeurs.

5.2. Une réalisation d'investigation réflexive

L'explicitation du contrat méthodologique qui unit chercheur et professeurs est tout autant utile aux professeurs qu'au chercheur : elle lui permet de mieux saisir les éléments de sa recherche, son objet, les modalités de recueil et sa posture, et d'élargir ainsi ses potentialités de contrôle (Sabra, 2008). La description de notre réalisation et la justification de nos choix participent de cette explicitation. Pour donner du corps à notre réalisation, nous avons fait le choix de décrire ses acteurs avant de présenter ses outils méthodologiques. Ainsi, le § 5.2.1 présente les modalités de constitution du collectif, et le § 5.2.2 les profils initiaux des professeurs et du collectif. Cette présentation fait référence à quelques outils (questionnaire initial, temps d'information et de régulation, focus group) qui sont présentés dans le paragraphe suivant avec les autres outils méthodologiques de la réalisation (§ 5.2.3). Nous mettons ensuite en évidence en quoi ces outils sont susceptibles de favoriser des genèses codisciplinaires de métaressources ainsi que le recueil des données de la recherche (§ 5.2.4) et quelle est la posture du chercheur dans la mise en œuvre de cette réalisation (§ 5.2.5).

5.2.1. La constitution d'un collectif codisciplinaire

Notre objectif est de faire coïncider les enjeux de notre réalisation avec l'activité d'un collectif. Il s'agit pour cela de faire en sorte que la réalisation (son objectif, ses conditions, ses outils) retienne l'intérêt de professeurs de mathématiques, de SPC et de SVT (§5.2.1.1), et favorise l'émergence d'un collectif (§5.2.1.2).

5.2.1.1. L'intérêt professionnel porté par la réalisation

Nous présentons les caractéristiques de la réalisation qui sont susceptibles de retenir l'intérêt des professeurs à *prendre part* à la recherche.

En premier lieu, la réalisation propose de réfléchir à des problématiques professionnelles, de les ancrer dans les pratiques et d'offrir un accompagnement. Les professeurs de mathématiques, SPC et SVT manifestent des difficultés à engager les élèves dans une recherche *d'hypothèse* ou de *conjecture* qui s'inscrive dans une *problématisation* (§ 3.4). Le travail de préparation pour mettre en œuvre ce type de démarche (§ 2.2) et le travail collectif pour les démarches d'investigation (§ 2.3) soulèvent des difficultés spécifiques. Le travail collectif est une *coopération distribuée codisciplinaire* (§ 2.3.3.2) pour tenter de dépasser ces difficultés. Il s'agit de :

- produire une *métaressource générique* (§ 3.2.3) en identifiant un ensemble de *repères* pouvant guider un WP_{HC}, en questionnant leur caractère générique ou spécifique (du point de vue de la discipline, du contenu ou du niveau scolaire) ;
- de s'appuyer sur ces *repères* pour concevoir et mettre en œuvre des situations d'enseignement qui s'inscrivent dans le cadre du programme et de la progression ;
- de partager des pratiques en interagissant à partir des ressources produites et en participant à des observations de classe ;
- d'être soutenu par le chercheur dans les activités à conduire.

En deuxième lieu, la réalisation repose sur des formes de travail qui reconnaissent les professeurs comme des experts de leur enseignement. D'une part, la codisciplinarité repose sur une reconnaissance de l'expertise disciplinaire de chacun (§ 2.3.3.2). D'autre part, la participation des professeurs à la recherche (suivi réflexif, adaptations et enrichissement des outils) s'appuie sur une reconnaissance de l'expertise professionnelle des professeurs par le chercheur.

En dernier lieu, la surcharge de travail des professeurs, induite par la participation à la recherche, est reconnue par une rétribution financière qui repose sur des accords entre l'IFÉ et la DGESCO et par une organisation de tous les temps collectifs dans l'établissement des professeurs pour leur éviter des déplacements.

Les caractéristiques de la *réalisation* qui s'attachent à ancrer la recherche dans les problématiques, le contexte et les contraintes de l'enseignement de chacune des disciplines, à reconnaître les acteurs comme expert de leur enseignement et comme acteurs de la recherche, sont susceptibles de recueillir leur intérêt.

5.2.1.2. Favoriser l'émergence d'un collectif

Par analogie avec la *Théorie des situations* de Brousseau, notre objectif est d'opérer une *dévolution* (Brousseau, 1998) au cours de laquelle le chercheur fait accepter aux professeurs la responsabilité de la situation de travail définie par la *réalisation*. Cette *dévolution* s'appuie sur les principes méthodologiques ayant pour objectif de favoriser la participation des professeurs à la recherche. Elle

s'effectue en quatre phases que nous présentons ci-après : (1) une phase d'information et d'échanges entre le chercheur et les professeurs, (2) une phase de prise d'information par le chercheur, (3) une phase de co-délimitation de l'objet de travail du collectif, (4) une phase de négociation initiale sur le fonctionnement du collectif.

- ***(1) Phase d'information et d'échanges***

Cette phase a pour objectif d'expliciter le contrat de recherche aux professeurs afin qu'ils puissent être des *volontaires éclairés*.

En octobre 2012, nous avons sollicité des professeurs de différents établissements de l'académie de Lyon à partir d'un courrier diffusé *via* les listes de diffusion académiques auxquelles nous avions accès (SVT et mathématiques) et *via* des professeurs associés à l'IFÉ dans l'équipe EducTice (Encadré 2). Nous avons organisé une réunion d'information et d'échanges dans les deux établissements qui ont répondu favorablement à notre sollicitation. Cette réunion avait pour objectif de présenter l'objet et les modalités de la recherche : ses productions, la forme du travail collectif entre disciplines, les principaux outils méthodologiques, la durée de l'engagement et les responsabilités des différents acteurs. Nous avons ensuite laissé une semaine de réflexion aux professeurs au cours de laquelle nous avons répondu par messagerie aux demandes de compléments d'information. Sur dix professeurs présents à la réunion dans le collège Germaine Tillon, cinq se sont déclarés volontaires pour participer à la recherche contre quatre présents et deux volontaires dans l'autre collège.

Afin que l'équipe de direction du collège Germaine Tillon puisse reconnaitre les professeurs comme acteurs de la recherche, nous lui avons présenté les enjeux et les modalités du projet, nous l'avons informé de façon régulière des avancées et un professeur volontaire a assuré une coordination entre l'administration du collège, le collectif et le chercheur. En contrepartie nous lui avons demandé de pouvoir réunir le collectif dans le collège, d'effectuer des observations dans les classes et d'aménager de façon ponctuelle l'emploi du temps des professeurs pour qu'ils puissent effectuer des observations dans les classes de leurs collègues. Les cinq professeurs volontaires du collège Germaine Tillon ayant reçu le soutien de l'équipe de direction ont été associés à notre recherche en décembre 2012 : Mathieu et Mathilde, professeurs de mathématiques, Fiana et Filomène professeurs de SPC et Billy professeur de SVT (la première syllabe des prénoms des professeurs a été choisie pour reconnaitre facilement la discipline enseignée : ma/mathématique, fi/physique, bi/biologie).

Bonjour,
Membre de l'équipe EducTice-S2HEP, professeur de SVT, je suis chargée d'études à l'Institut Français de l'Education à l'ENS de Lyon. Mes travaux portent sur les démarches pour l'enseignement des sciences et le travail d'équipe.
<http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/equipe/membres/permanents/michele-prieur>
Je recherche 3 à 4 professeurs, d'un même collège ou d'un même lycée, enseignant les disciplines suivantes (SVT, SPC, mathématiques, technologie) pour collaborer à une étude. Ces enseignants participeront à une réflexion commune relative à la mise en place de démarches scientifiques ou démarches d'investigation dans leur discipline, à partir de leur pratique (en particulier les moments de formulation d'hypothèses ou de conjectures et de leur mise à l'épreuve dans sa discipline). L'engagement dans ce travail est l'occasion de partager ses pratiques avec ses collègues et de s'ouvrir sur d'autres activités que le quotidien. Il sera rétribué par des HSE (environ 25 HSE/an). Cette participation ne requiert aucune expertise spécifique relative aux démarches d'investigation ou à la mise en œuvre de démarches scientifiques dans sa classe, aucune ancienneté dans le métier. Il suffit d'être motivé sur le sujet, avoir envie de travailler en équipe, être stable dans son poste pour les 2 années à venir, avoir un minimum de compétences TIC (outils d'un environnement numérique de travail) et être situé dans l'agglomération lyonnaise ou le nord du département de l'Ain (Ambérieu, Bourg en Bresse, Trévoux...). Les réunions auront lieu dans l'établissement des enseignants.
Si vous êtes motivés pour cette collaboration, si vous souhaitez seulement en savoir plus, n'hésitez pas à me contacter
N'hésitez pas à faire circuler l'information.
Bien cordialement
Michèle Prieur

Encadré 2 : Courrier électronique diffusé par le chercheur pour constituer un collectif codisciplinaire.

- ***(2) Phase de prise d'information***

Cette phase correspond à une prise d'informations par le chercheur sur les professeurs du collectif pour adapter au mieux les modalités de la recherche au terrain. Nous avons demandé aux professeurs de répondre au *questionnaire initial* (§ 5.2.3.4) et nous leur avons proposé un *remue-méninge* sur les termes *hypothèse* et *conjecture* à partir du message suivant :

> « Il s'agit d'un exercice individuel, très rapide (5mn), spontané : envoyez moi par retour de ce message une liste de 10 mots ou expression que vous reliez au terme *hypothèse* si vous êtes en SPC ou SVT ou au terme *conjecture* si vous êtes en mathématiques. Il n'y a bien sûr aucune bonne ou mauvaise réponse, laissez libre court à votre imagination et à ce qui vous vient spontanément, répondez individuellement ! »

Les informations recueillies contribuent à préparer la phase suivante.

- ***(3) une phase de co-délimitation de l'objet du collectif***

L'objet ou objectif d'un collectif doit être partagé entre tous les professeurs pour qu'un travail collectif puisse s'instaurer (Grangeat, 2011b). Les explorations méthodologiques que nous avons engagées la première année de notre étude ont conforté cette idée. En effet, nous avions constaté que l'une des difficultés à coopérer pour concevoir des situations d'investigation était liée à une définition trop floue de l'objet de travail du collectif. Les professeurs de mathématiques, SPC, SVT et technologie avaient des représentations professionnelles (§ 1.1) très disparates des *démarches d'investigation*, des *hypothèses* et des *conjectures,* et n'en avaient pas conscience. Notre objectif est donc d'accompagner les professeurs à circonscrire leur objet de travail, c'est-à-dire la production de *métaressources génériques* ayant pour fonction de soutenir un WP_{HC}.

Pour cela nous favorisons une confrontation des représentations professionnelles et des pratiques associées aux démarches d'investigation au sein du collectif. Cette phase s'effectue durant les trois

premiers *temps d'information et de régulation* (§ 5.2.3.3, Tableau 11) et durant les deux premiers *focus groups* (§5.2.3.3, Tableau 12), entre décembre 2012 et février 2013. Elle s'appuie sur trois types de ressources :

- des ressources liées à l'activité professionnelle (instructions officielles et situations d'enseignement). L'Encadré 3 présente la compilation des courts extraits des programmes du collège que nous avons proposée au collectif. Ils sont issus de l'introduction commune aux disciplines et des parties disciplinaires[37], ils présentent les attentes sur les démarches d'investigation et mettent en relief celles sur les tâches scolaires d'élaboration d'*hypothèses* ou de *conjectures*. Les situations d'enseignement partagées sont des situations décrites par les professeurs par instruction au sosie (§ 5.2.4.2) ;
- des ressources produites par les professeurs dans le cadre de la recherche (termes du remue-méninge, Tableau 4) ;
- une ressource produite par le chercheur pour le collectif (un court texte présentant les démarches hypothético-déductives des scientifiques d'un point de vue épistémologique, (Encadré 4).

Extraits des programmes de mathématiques, SPC et SVT
(Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008, http://media.education.gouv.fr/file/special_6/56/7/BO_special_6_28-08-2008_34567.pdf)

Les démarches d'investigation dans l'introduction commune aux programmes de collège
Elles sont décrites dans l'introduction commune du programme par 7 moments clés :

- « le choix d'une situation-problème »
- « l'appropriation du problème par les élèves »
- « la formulation de **conjectures, d'hypothèses explicatives**, de protocoles possibles :
  - *formulation orale ou écrite de conjectures ou d'hypothèses par les élèves (ou les groupes) ;*
  - *élaboration éventuelle d'expériences, destinées à tester ces hypothèses ou conjectures ;*
  - *communication à la classe des conjectures ou des hypothèses et des éventuels protocoles expérimentaux proposés. »*
- « l'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves »
- « l'échange argumenté autour des propositions élaborées »
- « l'acquisition et la structuration des connaissances et la mobilisation des connaissances. » p. 4

En mathématiques
« Identifier et formuler un problème, **conjecturer** un résultat en expérimentant sur des exemples, bâtir une argumentation, contrôler les résultats obtenus en évaluant leur pertinence en fonction du problème étudié, communiquer une recherche, mettre en forme une solution. » p. 9
En Physique-chimie
« Pratiquer une **démarche scientifique**, c'est-à-dire d'observer, questionner, formuler une **hypothèse** et la valider, argumenter, modéliser de façon élémentaire et comprendre le lien entre le phénomène étudié et le langage mathématique qui s'y applique. » p.9
En SVT
« On s'appuie sur une **démarche d'investigation** fondée sur l'observation de phénomènes perceptibles à différentes échelles d'organisation et des manipulations, expérimentations ou modélisations permettant de répondre à des questions, d'éprouver des **hypothèses explicatives** et de développer l'esprit critique. » p.9

Encadré 3 : extraits des programmes sur les démarches d'investigation mettant en évidence les tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses et de conjectures.

[37] Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008, http://media.education.gouv.fr/file/special_6/56/7/BO_special_6_28-08-2008_34567.pdf

Mathieu	**Termes associés à « conjecture » en mathématiques**	la géométrie, la démonstration, l'argumentation, la nécessité de démontrer (qui n'est pas évidente aux yeux des élèves), l'histoire des mathématiques, « on dirait que », les problèmes ouverts, le travail de groupe, le débat mathématique, la découverte
Mathilde		Essais, recherche, échantillon large, expérience, supposition, prévision, problème, donne envie d'être vérifié, n'a de sens que si c'est vérifié scientifiquement par la suite, peu employé pour ma part.
Fiana	**Termes associés à « hypothèse » en sciences**	Idée, imagination, test, validation, question, problème, confrontation, doute, incertitude, réflexion
Filomène		Démarche scientifique, conception, recherche, argumentation, doit être validée ou invalidée, exprimer ses idées, réponse personnelle à un problème scientifique posé, questionnement, formulation, cerner le problème posé"
Billy		S'inscrit dans une démarche globale, est une proposition affirmative qui répond à un problème, est une solution provisoire qu'il faut éprouver par l'expérimentation, est une étape de construction d'un raisonnement, fait appel au terme de doute, appartient au domaine du possible ou du probable vis à vis d'un problème de départ, n'est pas un postulat mais doit être travaillée et vérifiée, possède des conséquence vérifiables, est établie sans prendre position, a priori, sur sa validité, doit être validée ou réfutée par l'expérimentation: elle n'est pas une finalité.

Tableau 4 : Termes exprimés par les professeurs dans le remue-méninge.

Les démarches scientifiques hypothético-déductives en sciences et mathématiques

Les problèmes scientifiques sont des questions qui visent à expliquer le monde qui nous entoure (monde vivant en biologie, monde de la matière en physique-chimie, monde des concepts en mathématiques), comprendre son organisation, son fonctionnement, ses invariances, ses les lois, ses propriétés. Dans une approche poppérienne de la science, résoudre de telles questions conduit à formuler et éprouver des hypothèses explicatives (en sciences) ou des conjectures (en mathématiques). En mathématiques, la démonstration par un raisonnement argumenté permet de déterminer la validité d'une conjecture. En sciences expérimentales, l'expérimentation, la modélisation mais également la recherche de traces et d'indices (histoire de la vie et de la Terre) permettent d'éprouver une hypothèse qui sera admise comme vraie tant qu'elle résistera à l'épreuve des faits. Les conjectures démontrées et les hypothèses validées constituent respectivement des savoirs mathématiques et scientifiques.

Dans l'enseignement, la mise en œuvre de telle démarche scientifique peut être envisagée comme un moyen pour l'élève, d'une part de construire des connaissances scientifiques, d'autre part de développer des capacités et attitudes, mais encore d'accéder au fonctionnement des disciplines (leurs démarches, leurs outils).

Encadré 4 : synthèse rédigée par le chercheur sur les démarches hypothético-déductives en sciences et mathématiques.

Cette phase de confrontation vise une co-délimitation par les professeurs et le chercheur de l'objet de travail du collectif. Il est ainsi retenu que :

- les démarches d'investigation sont des démarches de résolution de problème à partir d'une approche *hypothético-déductives.* Les tâches d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures relèvent de la mise en œuvre de démarches d'investigation ;
- les hypothèses et les conjectures sont des énoncés provisoires qui doivent être éprouvés. Le sens de « données » également utilisé en mathématiques pour le terme hypothèses est pointé et exclu de l'étude. Les hypothèses sont alors associées aux SVT et SPC et les conjectures aux mathématiques ;
- un travail de préparation consiste d'une part à élaborer un scénario[1] pour la conduite de classe : Quoi ? Pourquoi ? Quand ? Où ? Qui ? et d'autre part, à identifier et concevoir les ressources nécessaires à la mise en œuvre du scénario (les ressources des élèves, les ressources du professeur).
- Cette phase de confrontation permet encore de faire émerger des pratiques différentes relatives aux tâches scolaires pouvant conduire à l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures par les élèves et engage les professeurs dans un questionnement partagé.

- ***(4) une phase de négociation initiale du fonctionnement du collectif.***

Les deux premiers *temps d'information et de régulation* (Tableau 11) permettent à chaque professeur de négocier avec le reste du collectif et avec le chercheur son implication dans la recherche. Filomène, qui préparait l'agrégation, a choisi de limiter son implication à une participation aux temps collectifs à partir du mois de février et aux interactions écrites dans les métaressources, elle ne s'est pas engagée à produire des situations d'enseignement devant être partagées. Fiana a choisi d'assurer la coordination nécessaire entre le collectif, le chercheur et l'administration du collège pour le premier trimestre (définir le calendrier des temps collectifs, prévenir le chef d'établissement, trouver une salle, informer le chercheur d'événements particuliers). Elle sera remplacée par Mathilde pour finir l'année 2012-13 et reprendra la coordination du groupe en 2013-14. Cette phase de négociation a également conduit à adopter *l'espace numérique partagé* Google Drive et à définir son fonctionnement. Les professeurs ont choisi de partager tous les fichiers et de ne pas conserver de dossier privé ce qui témoigne d'une confiance initiale entre les professeurs et avec le chercheur.

Les modalités de mise en place du collectif, qui s'appuient sur les principes méthodologiques visant la participation des professeurs (§ 5.1.3.5), ont ainsi favorisé l'émergence d'un collectif codisciplinaire.

5.2.2. Les profils initiaux des professeurs et du collectif

La compréhension du travail documentaire et des conceptualisations qui lui sont liées, ainsi que leurs comparaisons entre les membres d'un collectif, impliquent d'avoir des informations sur les professeurs et sur leur situation de travail. Nous proposons l'état de notre réflexion sur les informations à recueillir pour dégager ces informations (§ 5.2.2.1) avant de présenter le contexte de travail des professeurs (§ 5.2.2.2), leurs profils (§ 5.2.2.3) et celui du collectif (§ 5.2.2.4) en début de recherche.

5.2.2.1. Vers un modèle de profil d'un professeur

Nous avons recueilli en début de recherche, un ensemble d'informations à partir du *questionnaire initial* pour établir un profil par professeur. Ce questionnaire a été établi de façon un peu empirique et nous avons ressenti au moment de son exploitation ses limites pour permettre une approche compréhensive et comparative. En effet, les données recueillies conduisent à des profils inégaux des professeurs et limitent fortement les comparaisons. Une modélisation initiale nous aurait permis l'établissement de profils plus aboutis. Notre engagement dans le programme de recherche ReVEA nous conduit à interroger la modélisation d'un tel profil pour qu'il puisse éclairer le travail documentaire et permettre des comparaisons. Nous interrogeons le type de données à recueillir, leur délimitation et leur mode de recueil.

Pour identifier les informations à recueillir nous nous référons aux caractéristiques du travail documentaire (§ 3.1.1). Un travail documentaire met en jeu des ressources mères et des connaissances qui orientent la sélection, la transformation, l'organisation de ces ressources ainsi que les usages de la ressource fille produite. Cette activité s'effectue dans un contexte donné en interaction avec d'autres individus qui sont principalement les élèves et d'autres professionnels.

Pour établir un profil nous proposons donc de réunir des informations permettant de mieux comprendre :

- le contexte du travail documentaire ;
- le système documentaire du professeur c'est-à-dire son système de ressources et des savoir-processus qui guident l'activité de conception et les usages (si un questionnaire ne peut recueillir les informations pour identifier des savoir-processus, il peut cependant aider à identifier des représentations professionnelles susceptibles de constituer des connaissances de référence dans le cours de leur activité) ;
- les pratiques collectives qui soutiennent le travail documentaire.

Par ailleurs, un travail documentaire possède un but général qui contextualise et délimite les informations à recueillir. Le travail documentaire étudié peut correspondre à l'ensemble de l'activité professionnelle, à un système d'activité, à une famille d'activité, ou à une activité. La délimitation du travail documentaire étudié est indispensable pour définir les données à recueillir.

Pour finir, le questionnaire présente des limites pour recueillir les informations recherchées. Dès sa passation nous avons ressenti les besoins de préciser certaines réponses. Nous avons engagé des échanges par messagerie pour cela. Un entretien semi-dirigé, en appui sur une représentation schématique du système de ressources aurait été plus adapté pour établir des profils plus fiables et plus complets.

Cette réflexion sur la modélisation du profil d'un professeur nous permet de montrer les limites de l'adéquation de notre questionnaire initial. Dans le contexte de notre recherche, nous nous intéressons à la famille d'activité WP_{HC} dans un contexte codisciplinaire. En conséquence, les informations à recueillir pour établir les profils attendus portent sur : l'activité « travail de préparation » ; les ressources mères sélectionnées ; les pratiques relatives aux démarches d'investigation et tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures ; et les pratiques collectives interdisciplinaires. Le Tableau 5 recense les informations que nous avons recueillies dans notre questionnaire initial, celles que nous avons recueillies secondairement de façon plus opportuniste seulement pour certains professeurs, et d'autres que nous n'avons pas pensé à recueillir mais qui auraient étayé les profils établis. Ce tableau synthétise notre première réflexion pour modéliser le profil d'un professeur ayant pour objectif de mieux comprendre son WP_{HC} au sein d'un collectif codisciplinaire.

Eléments recherchés	Informations recueillies à partir du questionnaire	Informations partielles recueillies secondairement	Autres informations à recueillir
Contexte du travail documentaire	- niveau d'enseignement	- Caractéristiques de l'établissement (taille, soutien au travail collectif, à l'interdisciplinarité, public, équipement) : *ces informations sont recueillies dans le projet d'établissement.* - Présence d'un aide laboratoire.	- Lieux de travail. - Temps moyen de recherche pour préparer une situation d'enseignement et l'ajuster. - Périodes consacrées au travail de préparation.
Système documentaire	- Diversité des contextes d'enseignement rencontrés (niveaux, classes, ancienneté) - Auteur et support des principales ressources mères contribuant au travail de préparation. - Fréquence de mise en œuvre de tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures.	- Cursus universitaire ou formation professionnelle initiale. - Suivi d'une formation initiale professionnelle pour l'enseignement. - Certification professionnelle (concours de l'enseignement et autres) - Diversité des contextes d'enseignement rencontrés - Missions spécifiques accomplies - Fréquence de mise en œuvre de démarches d'investigation.	- Discipline(s) de formation initiale. - Autres métiers exercés. - Préparation au concours internes de l'enseignement. - Mode de stockage des ressources. - Existence de ressource clé. - Système de ressources.
Pratiques collectives	- Pratiques collectives au sein du collège, disciplines impliquées. - Appartenance à un réseau, mouvement, association professionnelle. - Usages d'outils numériques collaboratifs. - Conception collaborative de situation d'enseignement.	- Implication dans les collectifs producteurs de ressources (production, mutualisation ou prélèvement de ressources). - Disciplines impliquées dans les collectifs externes au collège. - La régularité des pratiques collectives. - Fonctions des ressources produites de façon collaborative.	

Tableau 5 : vers une modélisation du profil initial des professeurs du collectif.

5.2.2.2. Le contexte d'enseignement du collectif

L'analyse du contexte d'enseignement dans le collège Germaine Tillon est réalisée à partir de données du projet d'établissement 2012-2015 qui sont corroborées par les observations que nous avons faites et les témoignages que nous avons recueillis.

Le collège est de taille moyenne (500 élèves), il est situé en banlieue d'une grosse agglomération dans une zone sensible. Il appartient à un réseau ÉCLAIR[38] au début de la recherche et l'un des 20 établissements de son académie a intégré un REP+[39] en 2015. 70% des élèves, soit plus du double que dans l'académie, sont issus de catégories sociales défavorisées. Les élèves en difficultés sont nombreux, seulement 50% vont en seconde générale ou technologique et un sur quatre redouble en fin de seconde.

[38] Écoles, collèges et lycées pour l'ambition, l'innovation et la réussite http://eduscol.education.fr/cid56537/comprendre-le-programme-eclair-en-deux-clips-et-un-vade-mecum.html
[39] Réseau d'éducation prioritaire plus http://eduscol.education.fr/cid52780/les-rep.html

Les locaux font l'objet d'une restructuration lourde qui contraint l'équipe éducative à être hébergée durant trois années, dont la première année de la recherche, dans les locaux vétustes d'un collège voisin désaffecté avec très peu de matériel. La deuxième année de la recherche, l'équipe éducative intègre des locaux rénovés. Elle a alors profité d'un nouvel équipement informatique avec un ordinateur fixe et un tableau numérique interactif dans chaque classe. Malgré les conditions d'enseignement relativement difficiles, il existe dans ce collège une stabilité des enseignants plus forte que dans les autres établissements ÉCLAIR de l'académie qui manifeste une assez bonne cohésion de la communauté éducative. Celle-ci se manifeste fortement dans des moments difficiles de la vie de l'établissement comme par exemple l'expulsion d'élèves étrangers en situation irrégulière.

Les axes du projet d'établissement sont en grande cohérence avec le projet de recherche qui est proposé. Les deux premiers axes visent d'une part à « Construire l'autonomie des élèves dans leurs apprentissages » et à « Développer l'estime de soi, l'esprit de curiosité et le sens critique par l'ouverture culturelle », la culture scientifique et technique étant prise en compte dans cette ouverture culturelle. Autrement dit la conduite de démarches scientifiques par les élèves est un moyen d'atteindre les objectifs fixés par ces axes. Le dernier axe est « Créer du lien entre les différents acteurs ». Si les liens entre professeurs et parents et entre élèves sont mentionnés, ceux entre professeurs sont également soulignés. « Le travail en équipe disciplinaire et interdisciplinaire », « la dynamique engendrée par la recherche pédagogique » et « les échanges de pratiques » par l'accueil de stagiaires et l'accueil de stage d'établissement tels que ceux organisés par le GFEN sont cités.

5.2.2.3. Le profil initial des professeurs

Nous présentons les profils initiaux des professeurs par discipline, soit les profils de Mathieu et de Mathilde, plus ceux de Fiana et Filomène et enfin celui de Billy.

- ***Le profil des professeurs de mathématiques***

Après une formation d'ingénieur, Mathieu a choisi depuis 10 ans d'enseigner les mathématiques. Il a débuté comme remplaçant en collège et en lycée, depuis 6 ans, il est titulaire au collège Germaine Tillon. Mathilde exerce depuis seulement 3 ans dont 2 années dans ce collège. Leur temps d'enseignement est partagé entre le collège et les 9 écoles primaires du secteur. Ils enseignent ainsi en classe de 6e et 5e et au primaire de la maternelle au cours moyen, en co-animation ou seul avec des groupes réduits d'élèves. En 2013-14, Mathieu n'a pas enseigné en 6e.

Les professeurs de mathématiques du collège qui enseignent en classe de 6e collaborent pour préparer leurs cours. Ce travail est facilité par une heure de concertation hebdomadaire. Ils échangent des informations par messagerie et mutualisent des ressources dans un espace

numérique partagé (Dropbox). Mathieu et Mathilde collaborent avec des collègues de mathématiques, cependant ils ont encore rarement eu l'occasion de travailler ensemble. Tous deux soulignent des intérêts du travail collectif. Pour Mathilde c'est l'occasion de « concevoir mes cours différemment », de « préparer des séquences un peu originales ». Elle souligne également l'importance du regard de l'autre mais également de la confiance en soi pour progresser. Pour Mathieu c'est « un gain de temps, une stimulation et un enrichissement ». Mathilde identifie également des contraintes à cette collaboration, en particulier le manque de motivation de certains professeurs à modifier leur enseignement et un rythme de progression non synchrone. Ces deux professeurs ont participé en 2011-12 à un stage d'établissement organisé par le GFEN (Groupe français d'éducation nouvelle, mouvement de recherche et de formation en éducation). Mathilde a conservé des liens directs avec ce mouvement, ce qui n'est pas le cas de Mathieu qui est très investi dans d'autres activités professionnelles. Ils échangent également régulièrement avec les professeurs des écoles pour préparer leurs interventions dans le primaire. Mathieu appartient encore à d'autres collectifs : il est inscrit sur la liste de diffusion de l'académie pour échanger et rester informé et il participe à un groupe de réflexion académique sur l'évaluation en mathématiques. De façon plus ponctuelle, chacun a eu l'occasion de travailler avec des professeurs d'autres disciplines dans le cadre de projet interdisciplinaires.

Pour préparer leurs cours, l'un et l'autre déclarent peu utiliser les ressources institutionnelles de l'Education nationale. Mathieu déclare ne jamais consulter les programmes dans les bulletins officiels, Mathilde ne jamais consulter les sites académiques, l'un et l'autre disent ne jamais consulter les documents d'accompagnement. Mathilde s'appuie essentiellement sur les manuels scolaires et les séances d'autres collègues. Mathieu mobilise des ressources plus diversifiées, ses ressources privilégiées étant le manuel, le livre du professeur, les sites d'enseignants et les séances d'autres collègues.

Mathilde est engagée dans une réflexion sur « la démarche d'auto-construction du savoir » à partir des stages du GFEN auxquels elle participe. Elle ne sait pas vraiment si elle propose des situations qui engagent les élèves dans la formulation de conjectures, peut-être une fois dans l'année, en 5ème. Mathieu dit proposer des situations problèmes une petite dizaine de fois par année mais exprime mal voir à quoi correspondent des situations qui engagent les élèves dans l'élaboration de conjectures. Il exprimera à la fin de recherche :

> « Avant ce travail de réflexion, je n'avais jamais mis en place une séance pour faire émettre une conjecture à mes élèves, je le faisais à la volée, lorsque l'occasion se présentais. » (Mathieu, questionnaire évaluation).

Mathilde est une enseignante débutante, attachée à mettre ses élèves en situation de recherche, et ouverte aux échanges et au travail collaboratif. Mathieu possède une plus grande expertise de l'enseignement des mathématiques, il participe à plusieurs collectifs.

- ***Le profil des professeurs de physique-chimie***

Fiana et Filomène enseignent les SPC depuis une dizaine d'année au collège Germaine Tillon. Avant d'être nommées dans ce collège, Filomène a enseigné une année dans un lycée et Fiana 5 années dans une autre académie. Ces deux professeurs possèdent un profil très différent.

Fiana développe des activités professionnelles diversifiées et un large réseau professionnel. Depuis l'obtention du 2CA-SH (Certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap dans le secondaire) en 2006, elle intervient auprès de différents publics. Elle enseigne les SPC en 4e et 3e générale et dans les différents niveaux du collège en SEGPA (sections d'enseignement général et professionnel adapté). Elle enseigne également en établissement pénitentiaire pour mineurs les SPC et les mathématiques. Cet enseignement en prison représente selon les années entre le tiers et la moitié de son temps d'enseignement. Fiana a arrêté cette activité en 2013-14 considérant qu'il est difficile de faire cet enseignement trop longtemps. Fiana travaille avec les professeurs des écoles de la SEGPA, mais elle n'a pas eu l'occasion de collaborer avec ses collègues de SPC ou d'autres disciplines du collège. Son réseau professionnel s'étend cependant largement à l'extérieur de l'établissement. Elle collabore avec un collègue du lycée voisin pour mettre en place un club sur un ballon stratosphérique, elle échange avec lui sur des questions professionnelles d'ordre pédagogique car il est au GFEN. Elle est par ailleurs impliquée dans deux groupes de formation académique en SPC. Le groupe de ressources disciplinaire (GRD) coordonné par un IA-IPR et un groupe de mutualisation d'enseignants de SPC impulsé par un IA-IPR qu'elle anime. Le GRD élabore des ressources pour le site académique, le groupe de mutualisation a pour objectif de permettre aux enseignants de collège, souvent isolés, de se rencontrer à période régulière pour échanger sur leur pratique. Ainsi, Fiana exprime avoir une certaine habitude à proposer des situations d'enseignement et à accepter qu'elles soient critiquées. Son travail de préparation s'appuie sur des ressources diversifiées, ce sont celles issues de ses activités de formation mais également les ressources institutionnelles (bulletins officiel, documents d'accompagnement), les manuels scolaires et les ressources scientifiques de sa discipline.

Filomène enseigne sa discipline dans les différents niveaux du collège. C'est un professeur assez isolé qui mobilise principalement les ressources institutionnelles (bulletin officiel, sites académiques) et les manuels scolaires pour préparer ses cours. Elle ne travaille pas avec d'autres collègues de l'établissement et n'appartient à aucun réseau d'enseignants. Elle exprime avoir participé une fois à un projet interdisciplinaire SPC, mathématiques, SVT dans le cadre d'une option sciences qui visait à

identifier le commun entre les disciplines (méthodes de travail, compétences, vocabulaire).Elle n'avait jusque-là jamais travaillé avec les membres du collectif. Engagée pour la deuxième fois dans la préparation du concours d'agrégation, elle a choisi de participer à la recherche à la condition que son implication dans le collectif soit faible. Filomène a obtenu une mutation en lycée à la rentrée 2013, elle n'a donc pas participé à la recherche en 2013-14.

Fiana et Filomène partagent des pratiques relatives aux démarches d'investigation. Chacune exprime mettre 4 à 6 fois par an les élèves dans des situations qui leur permettent d'élaborer des hypothèses. Pour Filomène, les hypothèses constituent « la base des démarches scientifiques », démarches qu'elle essaie de mettre en place depuis quelques années. Sollicitée par son IA-IPR suite à une inspection, Filomène avait fait part de son expérience sur la conduite de démarche d'investigation au cours d'une journée d'étude organisée par l'INRP et les corps d'inspection de l'académie de Lyon en 2009[40].

Fiana et Filomène sont deux professeurs de SPC possédant un profil bien différent. Fiana a une expertise de l'enseignement dans différents contextes. Elle a des pratiques développées du travail collectif. Son rayonnement professionnel dépasse celui de son collège. Filomène est un professeur assez isolé qui possède une certaine expertise sur la conduite des démarches d'investigation.

- ***Le profil du professeur de sciences de la vie et de la Terre***

Billy enseigne depuis 7 ans comme titulaire remplaçant. Il s'est forgé une première expérience de son métier en ayant été confronté pendant trois ans à différents contextes d'enseignement en collège et lycée. Il est stabilisé pour la quatrième année au collège Germaine Tillon où il enseigne de la 6e à la 3e. Il partage des idées avec le collègue de la discipline et l'assistant de laboratoire « de manière informelle », mais il ne collabore pas avec les professeurs du collège pour produire ou échanger des ressources. Pour préparer ses cours, il utilise différentes ressources, principalement les ressources institutionnelles (bulletin officiel, documents d'accompagnement, sites académiques) et des ressources issues des sites personnels d'enseignants. Il n'a jamais eu l'occasion de collaborer pour préparer des cours, ni même d'échanger des préparations avec des collègues. En 2014 Billy s'intègre un peu plus dans son collège, il devient membre du conseil d'administration et membre permanent du conseil de discipline. Concernant les démarches d'investigation, il a profité d'une formation sur les démarches d'investigation lors de l'introduction des programmes de 2008. Selon lui, sa démarche pédagogique est directement guidée par une démarche scientifique. Il estime proposer à ses élèves, 15 à 20 fois par an, des situations permettant aux élèves d'élaborer des hypothèses.

[40] Journée d'étude **«** Expérimentation d'enseignements scientifiques rénovés en classe de seconde », novembre 2009, INRP. http://ife.ens-lyon.fr/manifestations/formation/experimentation-enseignements-scientifiques

5.2.2.4. Le profil initial du collectif

Le collectif est constitué par des professeurs aux profils variés de par leur discipline mais également leur ancienneté dans le métier et leurs pratiques collectives. Mathilde et Mathieu ont des pratiques assez régulières du travail collectif avec des professeurs de leur discipline mais également de façon plus ou moins étroite avec des professeurs des écoles et des professeurs de collège enseignant d'autres disciplines. Fiana possède également des pratiques régulières du travail collectif principalement dans le cadre de la formation et de sa discipline. Billy et Filomène sont des professeurs davantage isolés qui déclarent n'avoir encore jamais eu l'occasion de travailler avec des collègues de leur discipline. Excepté Mathieu et Mathilde qui ont collaboré ponctuellement suite à un stage GFEN, tous ces professeurs n'ont encore jamais travaillé ensemble.

5.2.3. Les outils de la réalisation d'investigation réflexive

Nous présentons la typologie des outils méthodologiques de la réalisation (§5.2.3.1), puis nous analysons en quoi chaque type contribue à la réalisation : les *écrits descriptifs et réflexifs* (§5.2.3.2), les *temps collectifs* (§5.2.3.3) et les *questionnaires et entretiens* (§5.2.3.4). Après avoir analysé le rôle joué par l'*espace numérique partagé* entre les professeurs, et entre le collectif et le chercheur (§5.2.3.5) nous terminons par un bilan des fonctions méthodologiques des outils mobilisés (§0).

5.2.3.1. La typologie des outils de la réalisation

Notre *réalisation* d'investigation réflexive s'appuie sur différents outils méthodologiques que nous différencions à partir de la nature des données qu'ils permettent de recueillir. Le Tableau 6 présente ces outils méthodologiques à partir d'une courte description et les situe par rapport aux principes méthodologiques que nous avons adoptés, la frise de la Figure 9 précise les moments ou périodes d'utilisation de ces outils :

- les *écrits descriptifs et réflexifs* sont des écrits professionnels qui articulent des écrits pour soutenir les pratiques et des écrits sur la pratique (Daunay, 2011). Ce sont des écrits partagés dans le collectif qui suscitent des interactions codisciplinaires (en vert) ;
- les *temps collectifs* sont des interactions orales entre les professeurs (en bleu) ;
- les *questionnaires et entretiens* sont des expressions verbales écrites ou orales entre un professeur et le chercheur qui sont suscitées par le chercheur (en rouge).

Nous analysons plus précisément ces trois types d'outils dans les § 5.2.3.2 à 5.2.3.4.

Outils méthodologiques	Description	Principes méthodologiques
Ecrits descriptifs et réflexifs		
Métaressource générique (MRG)	Ensemble de *repères* ayant pour objectif de guider le WP_{HC} d'un professeur quel que soit le contenu et le niveau enseigné.	Suivi réflexif, suivi continu, recueil étendu des ressources
Métaressource disciplinaire (MRD)	Description du travail de préparation sur un thème donné à partir d'une grille de description.	
Commentaires et fils de discussion	Interactions écrites entre le professeur concepteur d'une *métaressource* (MRD ou MRG) et les autres professeurs du collectif, dans un fichier numérique collaboratif à partir de la fonctionnalité « commentaire ».	
Grille d'analyse des observateurs	Grille ayant pour fonction de soutenir une analyse d'un travail de préparation à partir de l'observation de sa mise en jeu en classe.	
Grille d'analyse du concepteur	Grille ayant pour fonction de soutenir l'analyse du travail de préparation par le professeur concepteur à partir sa mise en jeu en classe.	
Fil des échanges	Fichier collaboratif qui a pour objectif de conserver et de partager la trace des échanges des membres du collectif ou leur réflexion à propos du WP_{HC}.	
Temps collectifs		
Temps d'information et de régulation	Temps d'échanges d'informations ou/et de négociation permettant d'assurer le fonctionnement du collectif.	Association de professeurs volontaires éclairés, conception dans l'usage, double reconnaissance institutionnelle
Focus group	Discussion libre du collectif à partir de questions suscitées par le chercheur.	Suivi réflexif, suivi continu, recueil étendu des ressources
Débriefing	Temps d'échanges libre des professeurs qui suit directement la mise en jeu d'un travail de préparation.	
Observations croisées	Observation par les professeurs du collectif et par le chercheur de la mise en jeu en classe d'un travail de préparation codisciplinaire.	
Questionnaires et entretiens		
Questionnaire initial	Questionnaire proposé au début de la recherche pour mieux connaître le contexte d'enseignement du professeur, son expertise, son travail collectif, ses ressources et ses motivations pour le projet.	Double reconnaissance institutionnelle
Questionnaire de régulation	Questionnaire proposé en juin 2013 pour réguler les modalités de la recherche. Il interroge sur les apports de la participation à la recherche, les difficultés et satisfactions éprouvées, le travail collectif et la réception des outils méthodologiques.	Double reconnaissance institutionnelle, conception dans l'usage
Entretien pré-séance	Entretien d'explicitation d'un professeur sur son travail de préparation le jour ou la vielle de sa mise en jeu en classe. Cet entretien peut se prolonger si nécessaire par des échanges par messagerie.	suivi réflexif, suivi continu, recueil étendu des ressources

Tableau 6 : Outils méthodologiques de la réalisation d'investigation réflexive.

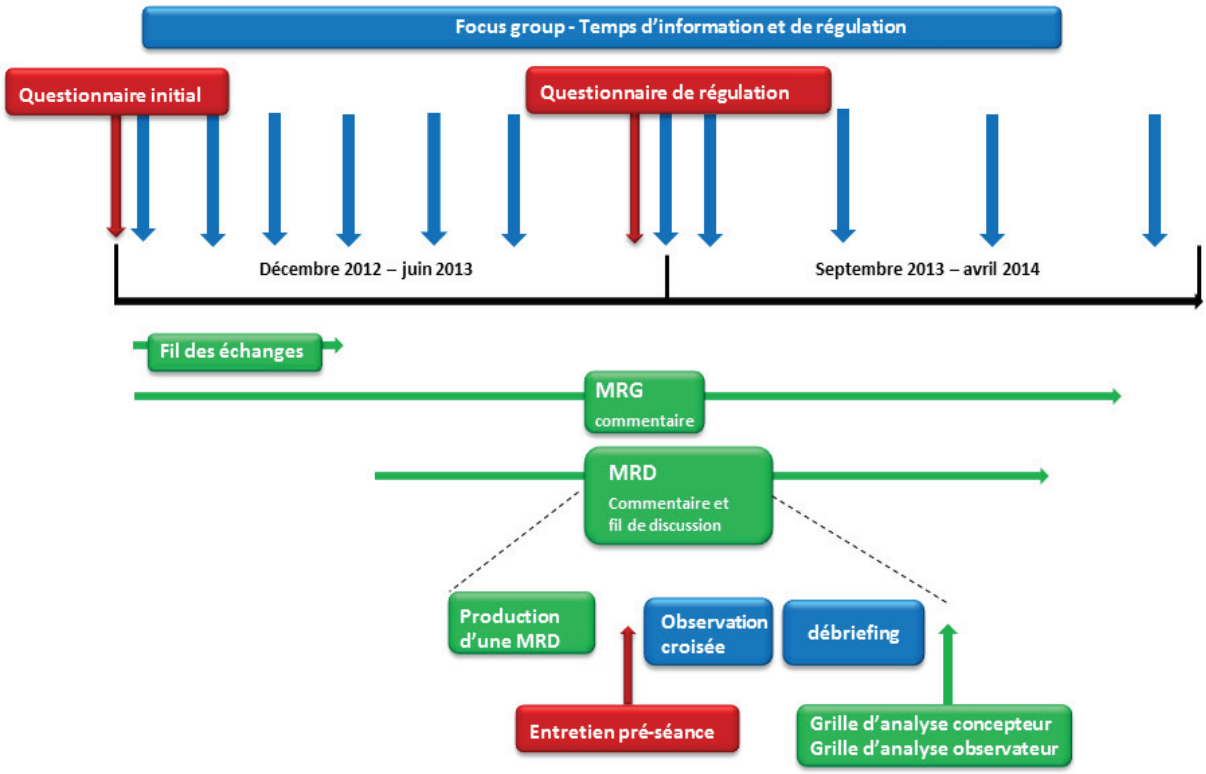


Figure 9 : Frise chronologique d'utilisation des outils méthodologiques.

5.2.3.2. *Les écrits descriptifs et réflexifs*

Les écrits descriptifs et réflexifs codisciplinaires sont représentés par les métaressources, les grilles d'analyse, les commentaires et fils de discussion et le Fil des échanges (Tableau 6).

- ***Les métaressources***

Ce sont des ressources produites par les professeurs à partir d'une posture réflexive sur l'activité WP_{HC} (§ 3.2). Une *métaressource générique* (MRG) est une explicitation de la représentation de la situation de travail WP_{HC} d'un professeur ou du collectif à partir de la description d'un ensemble de *repères* ayant pour objectif de guider un WP_{HC} (Figure 9). La *généricité* de la métaressource du point de vue disciplinaire est questionnée par le collectif : est-elle propre à une discipline, à un domaine disciplinaire ? Une *métaressource disciplinaire* (MRD) est une description d'un WP_{HC} sur un thème disciplinaire. Cette description est réalisée à partir d'une grille de description proposée par le chercheur dont les items ont pour objectif d'encourager le professeur à préciser les ressources et les repères mobilisés, à expliciter les actions conduites et les ressources produites (Tableau 7). Une MRD a pour objectif de faire produire des écrits descriptifs et réflexifs sur un travail de préparation : pour le chercheur elle réunit les principales données utilisées pour identifier les savoirs-processus qui guident cette activité ; pour le professeur elle est une ressource susceptible de soutenir son travail de préparation et sa conduite de classe.

Auteur : **Niveau :** **Thème du programme :** **Séance mise en œuvre le :** **Séance telle que vous l'avez réalisée l'année dernière pour traiter cette partie du programme** : *mettre tous les documents à disposition dans votre dossier (document de préparation, fiche élève, …)* **Autres ressources mobilisées :** *lister ci-dessous, au fur et à mesure, toutes les ressources que vous utilisez pour réaliser ce travail de préparation :* *- manuel scolaire (édition, classe, pages)* *- site Internet (lien)* *- documents issus de formation,…* **Calendrier :**

Repères utilisés	**Description du travail de préparation permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures**
Dans cette colonne, indiquez les repères que vous utilisez pour : *- guider la construction du scénario* *- identifier et élaborer les ressources nécessaires à la mise en œuvre du scénario*	*Lorsque le travail de préparation sera finalisé, on trouvera dans cette colonne :* *- la description du scénario d'une séance : Quoi faire ? Pourquoi ? Quand ? Comment ? Où ? Qui ?* *Celle-ci doit permettre d'accompagner au mieux la mise en œuvre de la séance en classe et être comprise par tous* *- Toutes les ressources nécessaires à l'élaboration du scénario et à sa mise en œuvre en classe. (les ressources, peuvent également être téléchargées dans votre dossier et être mises en lien à partir du scénario).*

Tableau 7 : Grille de description d'une *métaressource disciplinaire* la première année d'expérimentation.

- ***Les commentaires et fils de discussion***

Une métaressource est produite par un professeur (le professeur *concepteur*) dans un fichier numérique sur lequel les autres professeurs du collectif peuvent introduire des *commentaires*. Les réponses à un commentaire génèrent un *fil de discussion*. Les commentaires et fils de discussion peuvent soutenir pour les professeurs, et tracer pour le chercheur, des interactions codisciplinaires à propos d'un WP_{HC} qu'elles soient liées à un thème disciplinaire (MRD) ou aux représentations de la situation de travail (MRG) (Encadré 5).

Repères utilisés	**Description du travail de préparation permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures**
Mettre la connaissance sous forme de question	Pour préciser la question, je dois choisir le phénomène à comprendre. Comme nous aurons fini la partie sur l'air et que la compression d'un gaz aura été vue mais non expliquée Il me semble logique de cibler : Comment expliquer qu'un gaz d'un point de vue microscopique se comprime ?

Billy :
Est ce que ce sera aux élèves de formuler le problème ?
Fiana :
En effet, selon le temps soit les élèves réfléchissent à une formulation en individuelle soit on fera cela ensemble à l'oral

Encadré 5 : Extrait de la $MRD_{étape1}$ de Fiana intégrant un fil de discussion avec Billy (annexe2.4.1.1).

- ***Les grilles d'analyse***

Ce sont des analyses de la mise en jeu d'un travail de préparation en classe présentées dans une grille à partir d'items proposés par le chercheur. La *grille d'analyse du concepteur* est une auto-analyse de son travail de préparation (Tableau 8) alors que la *grille d'analyse des observateurs* est une analyse du travail de préparation du concepteur par des professeurs du collectif qui ont observé la séance (Tableau 9). La grille des observateurs a pour objectif de soutenir et de tracer des interactions codisciplinaires sur l'efficacité du travail de préparation. Ces grilles sont également susceptibles de soutenir la révision d'une métaressource disciplinaire par le professeur concepteur. L'ensemble des grilles d'analyse de la situation préparée par Mathieu en 2013 et révisée en 2014 sont présentées dans l'annexe 4.

Au regard de la mise en œuvre dans ta classe, quels sont les points forts de ta préparation ?
Au regard de la mise en œuvre dans ta classe, quels sont les points faibles de ta préparation ?
Qu'est-ce que tu as modifié de ton travail de préparation lors de sa mise en œuvre ? Pourquoi selon toi ?
Quelles modifications apporterais-tu à ton travail de préparation si tu devais le réutiliser ?
Cette séance te permet-elle de préciser les repères à utiliser pour rendre un travail de préparation efficace ?
Autres réflexions suscitées par cette séance

Tableau 8 : items d'une grille d'analyse d'un professeur concepteur.

Au regard de l'observation en classe, quels sont les points forts du travail de préparation ?
Au regard de l'observation en classe, quels les points faibles du travail de préparation ?
Quelles sont tes propositions de modification du travail de préparation pour améliorer la mise en œuvre en classe ?
Qu'est-ce que tu aurais envie de réinvestir dans tes séances et pourquoi ?
Qu'est-ce que tu aurais envie de réinvestir dans tes séances et pourquoi ?

Tableau 9 : items de la grille d'analyse des professeurs observateurs.

- ***Le Fil des échanges***

Le fil des échanges est un outil proposé par le chercheur pour partager avec le collectif des réflexions que les professeurs peuvent avoir à propos du WP_{HC}, que ce soit au sein du collectif ou plus largement avec d'autres professionnels (Tableau 10). Il s'agit donc d'un outil qui a pour objectif de conserver des traces de réflexions individuelles ou collectives, et d'interactions, relatifs au $WP_{HC.}$

Le Fil des échanges …				
… à propos du travail de préparation des professeurs pour permettre aux élèves d'élaborer des hypothèses (en sciences) ou des conjectures (en mathématiques) … permet de partager et de garder la trace des échanges au sein du collectif ou entre un membre du collectif et une ou des personnes extérieures au collectif (ex : un autre collègue de l'établissement, du groupe GFEN, du GRD, un formateur, un IA-IPR). Les "échanges" sont envisagées au sens très large, par leurs modalités (ex : réunions, échanges en salle des profs, à distance par messagerie, au cours d'une formation), et par leur nature (ex : idées, points de vue, informations, documents, matériel). Les membres du collectif qui complète le carnet s'identifie par une couleur d'écriture. Fiana est "la gardienne" de ce journal de janvier à juin 2013 : - elle s'assure que chacun l'utilise au mieux, - elle recueille les éventuelles questions, propositions de modification... relative à son utilisation, - elle peut être amenée à le restructurer pour qu'il soit mieux adapté au groupe, - elle peut proposer un outil qu'elle pense plus adapté, - …				
Quand ?	**Lieu ?**	**Qui est impliqué dans l'échange ?**	**Quel est l'objet de l'échange ?**	**Quelle est sa source ?**

Tableau 10 : Présentation et items du Fil des échanges

Les *écrits descriptifs et réflexifs* sont des outils méthodologiques susceptibles de soutenir le WP_{HC} codisciplinaire des professeurs. Pour le chercheur, ils constituent des traces de ce travail documentaire dans ses dimensions individuelle et collective, ce sont donc également des outils du *suivi réflexif* contribuant au recueil de données.

La première fonction de ces écrits semble reconnue par Fiana qui exprime dans le questionnaire de régulation :

> Question : « Décrivez, de votre point de vue, les apports du chercheur dans le projet. »
>
> Réponse : « Les apports ont été sur (…) une motivation à réfléchir grâce aux demandes écrites sans ça on serait resté dans le vague. » (Fiana, questionnaire de régulation 2013)

5.2.3.3. Les temps collectifs

Les temps collectifs sont des temps de regroupement du collectif et du chercheur en présentiel. Il s'agit des *temps d'information et de régulation,* des *observations croisées* et des *focus groups* (Tableau 6).

- ***Les temps d'information et de régulation***

Ils sont l'objet d'échange d'informations et/ou de négociation pour faciliter l'émergence et le fonctionnement du collectif. Ils ont pour objectif :

- pour le collectif, de contribuer à la construction d'un objet de travail partagé, à la conception ou la révision des outils méthodologiques et au choix d'un calendrier de travail (Tableau 11) ;
- pour le chercheur, de s'assurer tout au long de la recherche, de l'adhésion des professeurs à la réalisation, à ses outils méthodologiques.

Ces temps collectifs ont reposé sur une implication active du chercheur dans leur animation, et ont été suivis d'un relevé de conclusions rédigé le plus souvent par le chercheur. Ils ont été moins nombreux la deuxième année du fait d'un fonctionnement beaucoup plus autonome du collectif.

Date		Objets des temps d'information et de régulation
Année 2012-13		
20/12/2012	1	Définition d'un calendrier annuel. Choix d'un coordinateur. Choix d'un espace collaboratif de travail Caractérisation des démarches d'investigation étudiées.
28/01/2013	2	Implication de chaque professeur dans le collectif, définition des missions du professeur coordinateur. Organisation de l'espace numérique de travail et règles d'utilisation. Adaptation de l'outil *Fil des échanges.* Caractérisation de l'activité « travail de préparation » (phase 1).
14/02/2013	3	Calendrier de travail : choix d'un thème, phase de conception des métaressources disciplinaires, phase d'observations croisées. Adaptation de la grille de description d'une métaressource disciplinaire. Caractérisation de l'activité « travail de préparation » (phase 2).
11/03/2013	4	Choix des thèmes des situations d'enseignement à préparer. Calendrier de la phase de conception des métaressources disciplinaires. Caractérisation de l'activité « travail de préparation » (phase 3).
18/04/2013	5	Organisation des interactions lors de la phase de conception des métaressources disciplinaires et des observations croisées (qui ? quand ?). Réflexion sur les éléments à observer au cours des observations croisées.
04/07/2013	6	Perspectives sur de modalités de poursuite du projet.
Année 2013-14		
25/09/2013	8	Définition d'un contrat de recherche pour l'année 2013-14.
13/11/2013	9	Choix d'un coordinateur. Adaptation des outils pour la 2e année.
16/01/2014	10	Définition d'un calendrier de conception des métaressources disciplinaires et des observations croisées.
19/03/2014	11	Construction d'un outil d'évaluation de la réalisation d'investigation réflexive.

Tableau 11 : Objets et calendrier des temps d'information et de régulation

- ***Les observations croisées***

Ce sont des observations de la mise en jeu dans la classe de la préparation d'un professeur par les autres professeurs et par le chercheur : un professeur *concepteur* produit des ressources en interaction avec les professeurs du collectif qui deviennent les *observateurs* de la séance. A tour de rôle les professeurs sont concepteur et observateur. Toutefois, si les observations et les interactions sont encouragées par le chercheur, les professeurs sont libres de s'impliquer. En conséquence, il n'existe pas de règles strictes qui régissent ces observations. Un professeur peut interagir sur une préparation mais ne pas observer sa mise en jeu et inversement. Un professeur peut observer un professeur, mais ne pas être observé par lui en retour.

Ces observations ont pour objectif de permettre :

- aux observateurs, de mieux comprendre les enjeux d'un WP_{HC} dans une autre discipline que celle qu'ils enseignent et de repérer l'efficacité du travail de préparation à partir de la conduite de classe et de ses effets sur les élèves ;
- au concepteur de repérer des révisions à apporter.

Les réflexions qui peuvent être suscitées sont rédigées dans une *grille d'analyse des observateurs* (§ 5.2.3.2). Les retours des *observateurs* au *concepteur* sont importants car ce dernier peut difficilement conduire la classe et s'observer travailler. Pour le chercheur, qui reste un observateur silencieux, ces observations peuvent permettre de repérer des éléments du travail de préparation qui n'avaient pas été communiqués par le professeur au préalable.

- ***Les focus groups et les débriefings***

Ce sont des moments au cours desquels les professeurs échangent entre eux à propos du WP_{HC}. Dans les *focus groups* (Markova, 2003), les discussions reposent sur des questions suscitées le plus souvent *par le chercheur* en appui sur des ressources du collectif (Tableau 12). Les échanges visent à confronter les représentations professionnelles des professeurs sur les *hypothèses,* les *conjectures*, le travail de préparation ou les pratiques de classe relatifs aux tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures, ils sont susceptibles de faire émerger et de faire comprendre des différences ou des ressemblances entre les disciplines et d'identifier des pratiques communes. Dans les *débriefings*, l'objet des discussions est choisi *par les professeurs* qui échangent librement sur la mise en jeu d'un WP_{HC}, suite à une *observation croisée*.

Dans les f*ocus groups*, comme dans les *débriefings*, le chercheur reste en retrait. Il peut relancer les discussions par des questions, mais il n'alimente pas les débats. Il s'agit de temps qui ont pour visée de favoriser une posture réflexive sur le WP_{HC} dans les différentes disciplines.

Les temps collectifs jouent un rôle important pour assurer le fonctionnement du collectif (*temps d'information et de régulation*) et pour développer des interactions codisciplinaires favorisant une posture réflexive (*focus group, débriefing, observation croisée*). Ils jouent un rôle secondaire dans le recueil de données du chercheur dans la mesure où celui-ci s'intéresse en premier lieu à l'activité réelle des professeurs au cours d'un travail de préparation.

Date	Objet du focus group	Ressources support au focus group
	Année 2012-13	
Focus group 1 20/12/2012	• Caractéristiques des hypothèses et conjectures dans les démarches scientifiques des différentes disciplines.	Liste de mots associés aux termes « hypothèse » et « conjecture » préparée avant le focus group et partagée avec le collectif au cours du focus group.
Focus group 2 28/01/2013	• Caractéristiques des hypothèses et conjectures qui peuvent être formulés par les élèves.	Situations d'enseignement décrites par instruction au sosie.
Focus group 3 14/02/2013	• *Repères* guidant un WP_{HC}. • Signification de termes utilisés dans la description des repères : scénario, situation, situation de départ, situation-problème, situation initiale, situation concrète, observation initiale, problème-ouvert, question, questionnement.	Situations d'enseignement décrites par instruction au sosie et r*epères* identifiés comme ayant pu guider la production de ces situations d'enseignement.
Focus group 4 11/03/2013	• Les spécificités disciplinaires des hypothèses et des conjectures. • Les rôles des connaissances des élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures.	Présentation par chaque professeur de sa MRG_1. Réactions croisées sur les MRG_1 des professeurs (avant le focus group, par écrit, à distance).
Focus group 5 18/04/2013	• Les caractéristiques des questions qui conduisent à l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures.	Points de discussion soulevés lors de la conception d'une grille d'observation de classe.
Focus group 6 04/07/2013	• Rédaction d'une MRG partagée : MRG_2	MRG_1 + conception codisciplinaire des différentes MRD + observations croisées
	Année 2012-13	
Focus group 7 13/11/2013	• Repère : « cibler un thème, une connaissance et choisir un problème » et « Argumentation ».	Repères soulevant des désaccords identifiés dans les commentaires apportés par chaque professeur dans la MRG_2.
Focus group 8 16/01/2014	• Chronologie des repères. • Lien problème, connaissances, hypothèses ou conjectures	Points de discussion choisis par les professeurs à partir des MRG_3 individuelles mises à disposition avant le focus group.
Focus group 9 19/03/2014	• Confrontation des MRG_4 : points partagés, points non compris, points de désaccord	MRG_4 de chaque professeur.

Tableau 12 : Calendrier, objet et support des focus groups.

5.2.3.4. Les questionnaires et entretiens

Les questionnaires et l'entretien pré-séance sont des outils méthodologiques pour obtenir des informations relatives aux professeurs et à leur activité.

- ***Questionnaire initial***

Ce questionnaire est proposé en début de recherche. Il vise à construire un profil des professeurs dans une visée pragmatique et compréhensive. Les questions visent à repérer des adéquations possibles entre ces profils et les attentes de la recherche, les adaptations et les modifications nécessaires pour obtenir une participation des professeurs. Il s'agit d'autre part de repérer des facteurs susceptibles d'influencer la mobilisation et des évolutions des connaissances qui guident un $WP_{HC.}$ Les rubriques et sous-rubriques de ce questionnaire sont présentées dans le Tableau 13, la formulation des questions est accessible dans l'annexe 1.1.

Rubriques	Sous-rubriques
Le contexte d'enseignement	- Age - Ancienneté dans l'enseignement, dans le collège - Niveaux et classes enseignés
Le rapport au collectif	- Pratiques collectives au sein du collège. - Pratiques collectives avec les professeurs engagés dans la recherche. - Pratiques collectives de production de ressources. - Appartenance à des mouvements ou associations professionnelles. - Usages des outils numériques collaboratifs.
Les ressources	- Fréquence d'utilisation de différents types de ressources pour préparer des cours (prescriptions institutionnelles, manuel scolaire, sites académiques, associatifs, de professeur, ressources de collègues ou issues de formation).
Le rapport aux démarches d'investigation	- Fréquence des pratiques relatives aux tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. - Formations suivies sur les démarches d'investigation ou résolution de problème.
Le rapport au projet de recherche	- Motivation. - Attentes.

Tableau 13 : Rubriques et sous-rubriques du questionnaire initial.

- ***Questionnaires de régulation***

Proposé à mi-parcours de la recherche (juin 2013), le *questionnaire de régulation* a pour objectif d'identifier les satisfactions des professeurs, leurs difficultés, leur réception des outils méthodologiques, de façon à identifier des obstacles à leur participation et pouvoir réguler et re-négocier les modalités de la recherche. Les rubriques et sous-rubriques de ce questionnaire sont présentées dans le Tableau 14, la formulation des questions est accessible dans l'annexe 1.2

Rubriques	Sous-rubriques
Apports de la participation à la recherche sur :	• la place et les rôles des hypothèses ou conjectures dans les démarches scientifiques, • la préparation et la conduite de tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures, • le plan personnel.
Ressenti sur la recherche :	• difficultés, • satisfactions.
Ressenti sur la codisciplinarité :	• source de difficultés, • source de richesse, • ce qui semble partagée et non partagée.
Partage des rôles au sein du collectif :	• ressenti sur l'organisation du collectif, • ressenti sur la place du chercheur.
Ressenti sur les outils méthodologiques :	• Degré d'accord sur l'intérêt des différents outils pour contribuer à la réflexion du professeur et à son travail de préparation.

Tableau 14 : Rubriques et sous-rubriques du questionnaire de régulation.

- ***Entretien pré-séance***

L'entretien pré-séance est un *entretien d'explicitation* (§ 3.3.1) sur le travail de préparation engagé par le professeur. Il est conduit juste avant la mise en jeu de celui-ci en classe, pour mieux comprendre le travail documentaire depuis l'initiation de la préparation jusqu'à ces derniers moments de conception. Il est conduit en appui sur la métaressource disciplinaire produite pour aider le professeur à évoquer son activité. Il peut ainsi permettre au professeur de mieux comprendre son action et de l'expliciter, et au chercheur de constituer des données qui pourront

contribuer à identifier des éléments constitutifs des savoirs-processus, des effets du collectif et de la métaressource générique.

Les questionnaires et *l'entretien-pré-séance* ont pour points communs de recueillir des données à partir de déclarations ou d'évocation des professeurs, leurs fonctions méthodologiques sont cependant hétérogènes : les questionnaires ont pour objectif de mieux décrire le contexte de la recherche et de la réguler ; les entretiens pré-séance ont pour objectif d'aider les professeurs à comprendre et expliciter leur activité – pour eux, pour le chercheur-.

La messagerie, non évoquée comme outil méthodologique, joue également un rôle dans la *réalisation*. En prolongeant les *temps d'information et de régulation* par des échanges entre le collectif et le chercheur, elle contribue à assurer le fonctionnement du collectif. De façon plus ponctuelle, elle contribue à partir d'échanges privés entre le chercheur et un professeur au recueil de données en permettant de compléter des réponses apportées dans des questionnaires ou au cours des *entretiens pré-séances*.

5.2.3.5. Un espace numérique au service des outils méthodologiques

Pour rendre fonctionnels nos outils méthodologiques, nous avons outillé le collectif d'un *espace numérique partagé* dans Google Drive. Cet environnement numérique a été retenu pour sa gratuité, ses fonctionnalités, et pour sa simplicité d'utilisation. Ce dernier critère avait une importance car trois des cinq professeurs du collectif n'avaient aucun usage d'espace numérique partagé (questionnaire initial).

Google Drive offre les fonctionnalités nécessaires aux conditions de notre recherche : en permettant le *stockage* de fichiers, il peut contribuer au partage de ressources au sein du collectif et à leur mise à disposition du chercheur (*recueil étendu*) ; le stockage proposé (15 Go) est largement suffisant pour l'activité du collectif. En proposant une édition *collaborative* de fichiers *en ligne* pouvant intégrer des *commentaires* ou des *fils de discussion* dont les auteurs sont identifiés, il peut permettre les interactions nécessaires au travail codisciplinaire et l'adoption d'une posture réflexive tout en conservant des traces pour le chercheur (*suivi réflexif*). Les échanges au cours du temps d'information et de régulation de novembre 2013 révèlent l'intérêt de tous les professeurs pour cette forme d'interaction (Tableau 15). Les usages des fonctionnalités collaboratives nécessitent une conversion des fichiers téléchargés au format de la suite Google Drive, ce qui est possible pour les fichiers de la suite bureautique de Microsoft office ou d'Open office qui sont les deux formats utilisés par les professeurs. La prise en charge automatique - par défaut - des conversions de fichiers facilite l'utilisation et les téléchargements. Les mauvaises manipulations éventuelles, effacement ou déplacement d'un fichier ou d'un dossier, peuvent facilement être réparées à partir de l'*historique*

qui conserve toutes les traces de modification et qui permet de restaurer les versions antérieures. Le fait que nous n'ayons pas eu recours à cette fonctionnalité, ni repéré son usage par les professeurs, pour « réparer des erreurs » semble montrer la facile prise en main de cet environnement par le collectif.

Une courte transcription du premier temps d'information et de régulation de la deuxième année met en évidence l'intérêt des professeurs pour l'utilisation des commentaires (Tableau 15).

Fiana	Moi je trouve que le système d'interaction par les petits commentaires, je le trouve très très intéressant
Billy	Il est parfait
Mathieu	Moi j'en redemande, j'ai commenté mes commentaires
Fiana	C'est la brièveté qui m'intéresse et puis l'histoire qu'on est entre nous, moi j'assume mes formulations je prends pas 12 000 pincettes pour dire, et quelque part il y a une complicité sur le travail que je trouve très, il y a une part d'honnêteté de vérité qui moi me voilà
Mathieu	Et puis derrière chaque commentaire il y a « qu'en pensez-vous ? » et comme est fait l'outil « commenter », on demande de répondre par un commentaire et voilà

Tableau 15 : Extrait de transcription révélant l'intérêt du collectif pour l'outil commentaire (temps d'information et de régulation 2014) .

Le suivi des modifications de fichier pour le travail collectif des professeurs et, pour le recueil de données, par le chercheur est facilité par la fonction *notification*. Les différentes fonctionnalités pouvant s'utiliser à distance et de façon asynchrone, cet environnement numérique permet de s'adapter aux moments de travail et au rythme de chacun (*suivi continu* dans le temps). On observe à ce propos, à partir de l'historique des modifications apportées sur les fichiers, que le travail de préparation des professeurs et les interactions s'effectuent principalement en fin d'après-midi et en soirée et que les interactions peuvent être espacées de plusieurs heures, voire de plusieurs jours (Tableau 16). Par ailleurs, les professeurs déclarent préparer leurs cours aussi bien au collège, qu'à leur domicile, ou d'autres lieux, à partir d'un ordinateur portable ou d'un autre ordinateur ; or en s'identifiant un professeur retrouve son environnement de travail depuis n'importe quel poste, en synchronisant Google Drive avec son ou ses disques durs, il n'est pas contraint d'être connecté. Cet environnement numérique peut donc faciliter un *suivi continu* dans l'espace.

Mathieu	Date	03/04	06/04	08/04	10/04	17/04		
	Heure	18h	17h	13h	19h	18h		
Mathilde	Date	26/01	26/01	28/01	30/01	30/01	30/01	
	Heure	17h	20h	12h	16h	18h	19h	
Fiana	Date	24/03	25/03	25/03	25/03	26/03	27/03	30/03
	Heure	19h	16h	21h	22h	17h	0h	21h
Sébastien	Date	20/05	23/05	26/05	29/05	02/06		
	Heure	18h	21h	22h	15h	19h		

Tableau 16 : Jour et horaire de préparation (fond blanc) et d'interactions (fond grisé) pour la première étape du WP_{HC}.

Deux professeurs utilisent déjà une Dropbox pour mutualiser des ressources avec les collègues de leur discipline. Nous n'avons pas retenu ce service numérique car si sa version gratuite permet

d'héberger, de partager des fichiers et de les synchroniser sur différents postes de travail, elle ne permet pas d'interagir en ligne sur un même fichier.

En rassemblant les *écrits descriptifs et réflexifs* produits par le collectif, en facilitant le partage des ressources et les interactions entre les professeurs, l'*espace numérique* peut soutenir une production de *métaressources codisciplinaires* au sein du collectif. En le partageant avec le chercheur, il peut contribuer au *suivi continu, réflexif*, *sur la durée*, avec un *recueil étendu des ressources.* Sa configuration et son ergonomie sont censées permettre une prise en main rapide.

5.2.3.6. Bilan sur les outils méthodologiques

Les outils de notre *réalisation d'investigation réflexive* possèdent des fonctions méthodologiques complémentaires. Les *écrits descriptifs et réflexifs codisciplinaires,* dont la production et la communication sont facilités par *l'espace numérique partagé,* sont au cœur de notre réalisation. Ce sont des ressources qui sont à la fois objet de travail du collectif, produit de son activité et données principales de la recherche.

Par ailleurs, tous les outils sont caractérisés par une double fonction méthodologique. La première fonction consiste à soutenir l'émergence, le fonctionnement, l'activité du collectif pour favoriser des genèses documentaires codisciplinaires. La deuxième fonction est le recueil des données pour mettre à l'épreuve les hypothèses de recherche (Tableau 17). Ces outils peuvent favoriser des *médiations réflexives, codisciplinaires* et *relatives au* WP_{HC} à *composantes épistémique* ou/et *pragmatique* (§ 3.2.1). Nous présentons dans le Tableau 17 les outils méthodologiques associés aux hypothèses que nous effectuons sur leurs fonctions et sur les médiations qu'ils sont susceptibles de favoriser.

Outils méthodologiques	Principales médiations pouvant être assurées par les outils méthodologiques	Fonctions méthodologiques	
		Favoriser des genèses codisciplinaires de métaressources au sein du collectif	**Recueillir les données de la recherche**
• Questionnaire initial. • Questionnaire de régulation. • Temps d'information et de régulation.	Médiation réflexive et codisciplinaire à composante pragmatique.	Favoriser l'émergence et soutenir le fonctionnement du collectif	Analyser le contexte et repérer son évolution.
• MRD. • Entretien pré-séance. • Grille d'analyse concepteur. • MRG.	Médiation réflexive et médiation entre le professeur et son activité à composante pragmatique et épistémique	Soutenir un WP_{HC}.	Identifier les éléments constitutifs des savoirs-processus. Repérer le soutien apporté par une MRG.
• Commentaire et fil de discussion dans une métaressource. • Grille d'analyse observateur. • Fil des échanges. • Focus group. • Débriefing. • Réponses dans les fils de discussion d'une MRD. • Observation croisée.	Médiation réflexive et codisciplinaire à composante pragmatique et épistémique	Faciliter des interactions codisciplinaires susceptibles de soutenir la production de métaressources.	Repérer des effets de la codisciplinarité. Identifier les éléments constitutifs des savoirs-processus.

Tableau 17 : Principales médiations et fonctions pouvant être assurées par les outils méthodologiques.

Nous faisons l'hypothèse, que les divers outils méthodologiques de la réalisation permettront de favoriser des genèses documentaires codisciplinaires. Leur efficacité devrait reposer sur la complémentarité des médiations qu'ils sont susceptibles d'assurer.

Pour le chercheur, ils peuvent permettre de recueillir une diversité de données plus ou moins proches de l'activité des professeurs (déclaration, regard réflexif sur l'activité, produit de l'activité, activité). Le croisement de données recueillies à des moments différents, dans des contextes différents, permet d'étayer des inférences relatives aux ressources, aux usages des ressources et aux connaissances qui orientent un travail documentaire.

Les outils méthodologiques qui seront adoptés par le collectif constituent son *vivier de ressources* (§ 3.1.3) initial.

5.2.4. La conception de métaressources codisciplinaires

Nous présentons les modalités des productions codisciplinaires des *métaressources* (§ 5.2.4.1) avant de présenter les caractéristiques et le calendrier de la production des *métaressources génériques* (§ 5.2.4.2) puis *disciplinaires* (§ 5.2.4.3).

5.2.4.1. *Modalités de production des métaressources*

Les tâches proposées par le chercheur visent à soutenir une forme de travail codisciplinaire et à favoriser des genèses documentaires.

- ***Des tâches pour soutenir une forme de travail codisciplinaire***

Pour favoriser une codisciplinarité (§ 2.3.3.2), nous proposons des tâches codisciplinaires et des tâches ancrées dans les pratiques de la discipline enseignée.

Les tâches codisciplinaires sont des tâches au cours desquelles un professeur réagit sur les ressources, les pratiques ou les points de vue d'un professeur d'une autre discipline. Nous distinguons :

- des tâches en présentiel qui privilégient la multiplicité des interactions par une confrontation directe entre les individus ;
- des tâches à distance, effectuées par des échanges différés à partir d'écrits, qui peuvent favoriser une prise de recul, et qui donnent une forme matérielle aux ressources échangées.

Les *tâches ancrées* dans les pratiques de la discipline enseignée ont pour objectif d'encourager les professeurs à interagir partir de leurs pratiques, plus que de leurs représentations, et à pouvoir apprécier les effets des ressources produites sur leur enseignement.

Nous présentons dans le Tableau 18 les tâches et les outils méthodologiques proposés pour soutenir cette forme de travail codisciplinaire.

Tâches	**Outils méthodologiques**
Tâches individuelles ancrées dans la discipline enseignée	
Identifier, décrire, réviser des *repères*.	MRG
Décrire, expliciter, réviser un WP_{HC} sur un contenu disciplinaire, en s'appuyant sur ses *repères*.	MRD et sa grille de description, entretien pré-séance
Analyser son WP_{HC} suite à sa mise en jeu en classe.	Grille d'analyse du concepteur
Tâches codisciplinaires à distance, asynchrone	
Interagir à distance sur les *repères* proposés par un autre professeur.	Commentaire, MRG
Interagir à distance à propos d'un WP_{HC} dans une autre discipline.	Commentaire, Fil de discussion, MRD
Analyser le WP_{HC} d'un professeur d'une autre discipline suite à une observation croisée.	Grille d'analyse observateur, observation croisée
Rédiger pour le collectif une synthèse des échanges qui ont eu lieu au cours d'un Focus group, exprimer son point de vue sur ce qui a été échangé, partager une réflexion.	Fil des échanges
Tâches codisciplinaires en présentiel	
Interagir en présentiel sur les objets du WP_{HC} : *hypothèses, conjectures, repères*.	Focus Group
Interagir en présentiel sur la mise en jeu d'un WP_{HC} disciplinaire.	Débriefing
Professeur concepteur : mettre en jeu son WP_{HC}. Autres professeurs du collectif : observer la mise en jeu d'un WP_{HC}.	Observation croisée

Tableau 18 : Tâches et outils méthodologiques ayant pour fonction de soutenir une forme de travail codisciplinaire.

- ***Des tâches pour faciliter des genèses documentaires***

Afin de faciliter des *genèses documentaires* nous proposons des tâches qui ont pour objectif de soutenir l'instrumentation et l'instrumentalisation (§ 3.1.1) de *métaressources*.

La tâche « Décrire, expliciter, réviser un WP_{HC} sur un contenu disciplinaire, en s'appuyant sur ses repères. » a pour objectif d'inciter un professeur à utiliser sa *métaressource générique* (MRG) pour produire une *métaressource disciplinaire* (MRD) et à soutenir ainsi l'*instrumentation* de la production d'une MRD par une MRG. Cette *instrumentation* est encore suscitée par la *grille de description d'une MRD* qui demande d'indiquer les *repères* utilisés (Tableau 7). La MRD ainsi produite est une ressource qui peut *instrumenter* la conduite de classe.

La tâche « Décrire, expliciter, réviser un WP_{HC} sur un contenu disciplinaire » peut soutenir l'*instrumentalisation* d'une MRD de même que les tâches « Au regard de la mise en œuvre dans ta classe, quels sont les points forts, les points faibles de ta préparation ? » et « Quelles modifications apporterais-tu à ton travail de préparation si tu devais le réutiliser ? » (*item* de la *grille d'analyse du concepteur*, Tableau 8). La tâche « Identifier, décrire, réviser ses repères. » et *l'item* « Cette séance te permet-elle de préciser les repères à utiliser pour rendre un travail de préparation efficace ? » (*ibid*.) visent à soutenir une *instrumentalisation* de la MRG. Les autres tâches *codisciplinaires* présentées dans le Tableau 18 sont toutes potentiellement susceptibles de nourrir, mais de façon moins directe, ces processus *d'instrumentation* et *d'instrumentalisation* des *métaressources* (MRD et MRG).

La Figure 10 résume les différentes tâches susceptibles de favoriser des processus d'instrumentation par les métaressources (flèches droites) et d'instrumentalisation de ces ressources par les professeurs (flèches courbes). Ces tâches individuelles sont couplées aux tâches codisciplinaires de façon à favoriser des genèses documentaires codisciplinaires de MRG et de MRD. Bien que les productions des deux types de *métaressources* soient entrelacées, pour plus de clarté nous présentons leurs modalités de conception séparément dans les paragraphes suivants : MRG (§ 5.2.4.2) et MRD (§ 5.2.4.3).

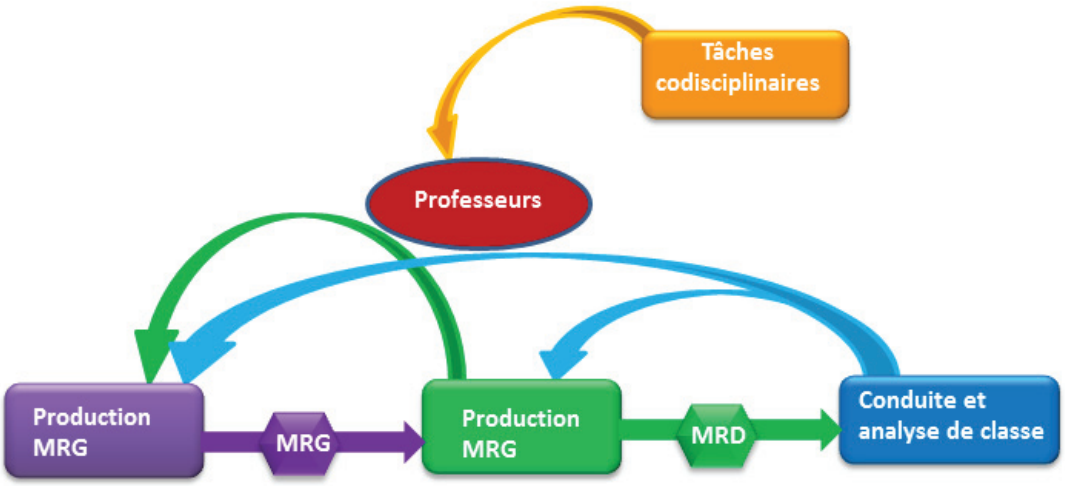


Figure 10 : Genèses documentaires codisciplinaires de métaressources.

5.2.4.2. *Une production codisciplinaire de métaressources génériques*

Pour permettre aux professeurs de confronter leur représentation de la situation de travail correspondant à la famille d'activité WP_{HC} et d'éclairer dans quelle mesure les repères de leur MRG peuvent être génériques ou partiellement générique et spécifique à une discipline ou un contenu, chaque professeur produit une MRG. Il est soutenu par des tâches individuelles, ancrées dans les pratiques de la discipline enseignée et dans celles des autres disciplines, qui sont articulées avec des temps de confrontation codisciplinaire. Les processus de conception sont des processus continus, nous découpons celui des MRG en quatre périodes, deux par année scolaire. Chacune est repérée par une MRG dont le support est un fichier collaboratif partagé entre le collectif, et entre le professeur et le chercheur (Figure 11). La production des MRG est adossée à celle des MRD, excepté pour la première période.

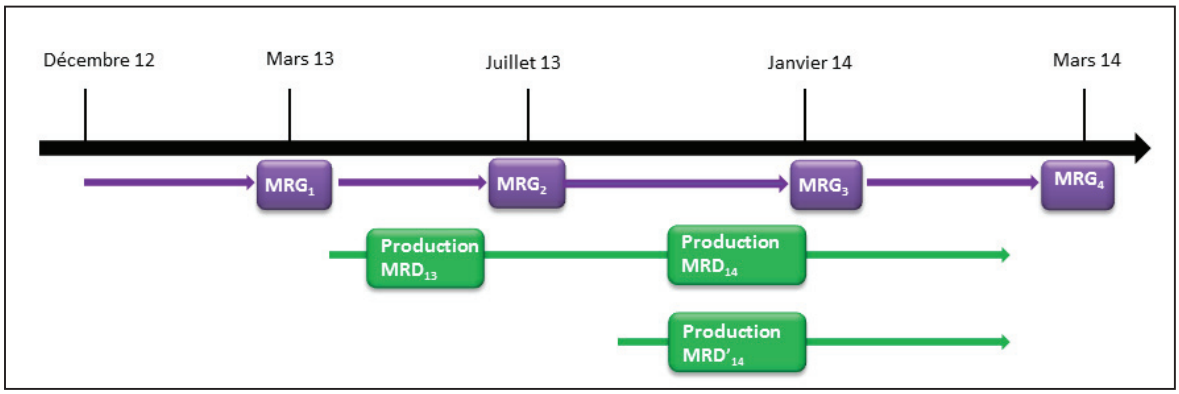


Figure 11 : Calendrier de production des métaressources entre décembre 2012 et mars 2014.

- ***Décembre 2012 – mars 2013***

Chaque professeur produit une première MRG entre décembre 2012 et mars 2013. Nous soutenons l'émergence et la confrontation des représentations de la situation de travail WP_{HC} de chaque professeur en étant au plus près de son activité réelle. Pour cela, nous leur proposons trois tâches :

- La première est individuelle, centrée sur la discipline enseignée. Il s'agit de choisir et de décrire par *instruction au sosie* (Clot, 1995) deux situations d'enseignement considérées comme conformes aux démarches étudiées (§ 5.2.1.2) à partir de la consigne suivante :

  "Vous êtes malades, ces séances doivent être mises en place par votre remplaçant qui ne connait pas les élèves : décrivez lui votre préparation le plus précisément possible pour qu'il soit en mesure de conduire ces séances dans votre classe."

Clot (1995) souligne, à propos de l'instruction au sosie, que « ce mode d'expérimentation « sépare » le sujet de son activité puisque un autre que lui doit la faire sienne » (p. 55). Le collectif décrit ainsi 9 situations (4 en mathématiques, 3 en SPC et 2 en SVT).

- La deuxième tâche est individuelle, il s'agit, à partir des 9 situations décrites par le collectif, d'identifier des *repères* pouvant guider l'activité de préparation du professeur.
- La troisième tâche est codisciplinaire, il s'agit de confronter les *repères* identifiés par les professeurs (focus group 3, Tableau 12).

A l'issu de l'activité soutenue par ces trois tâches, les professeurs produisent leur première *métaressource générique* (MRG_1). Celle-ci est soumise aux commentaires du collectif, puis chaque professeur la présente au cours du focus group 4.

- ***Mars 2013-juillet 2013***

Durant cette période chaque professeur a, d'une part préparé et conduit une situation d'enseignement ayant pour objectif d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures en interaction avec le collectif et, d'autre part, interagit sur la préparation et la conduite de classe des autres professeurs du collectif (Tableau 18). En juillet, au cours du focus group 6 (Tableau 12), afin de questionner la dimension générique de leur MRG, nous proposons de tenter de produire une MRG qui soit collective. Cette production s'appuie sur une confrontation des *repères* des différents professeurs et sur une recherche de généricité et de spécificité entre les disciplines. Elle a pour objectif de favoriser une posture réflexive sur le WP_{HC} dans la discipline enseignée et une argumentation sur les choix collectifs opérés. Les professeurs débattent, choisissent des repères, les reformulent, les réorganisent pour produire la MRG_2 (Encadré 6).

- ***Septembre 2013- janvier 2014***

Durant cette période, le chercheur soutient une réappropriation éventuelle de la MRG_2 collective en proposant de réviser ou/et commenter individuellement, à distance, cette métaressource. Il propose ensuite d'échanger sur les divergences identifiées au cours du Focus group 7. Les professeurs décident à l'issu des discussions de ce focus group, de continuer leur réflexion individuellement en révisant cette MRG collective. Cette MRG_3 est produite entre fin décembre 2013 et début janvier 2014 selon les professeurs.

- ***Janvier 2014 – mars 2014***

Il est proposé aux professeurs de prendre connaissance des MRG_3 produites au sein du collectif et de choisir des points d'accord ou de désaccord à mettre en discussion au focus group suivant (Focus group 8, Tableau 12), pour ensuite réviser, si ils le souhaitent, une dernière fois leur MRG. Les professeurs consultent et commentent à distance ces métaressources, et choisissent d'échanger sur la chronologie des repères et sur les liens entre problèmes, acquis des élèves, connaissances à acquérir et hypothèses ou conjectures. Suite à ce focus group, tous les professeurs révisent leur MRG_3 pour produire leur MRG_4 en mars 2014.

Cibler un thème, une connaissance et choisir un problème

- Le problème choisi doit conduire à une démarche pertinente c'est-à-dire à une démarche qui permette la proposition de plusieurs hypothèses ou conjectures, non évidentes, qui puissent être explicitées, argumentées, qui puissent être démontrées ou invalidées par un contre-exemple en mathématiques, qui puissent être vérifiées en sciences.
- Il s'agit d'identifier une connaissance qui conduise à la formulation d'un tel problème.

Des avis partagés :
Toutes les connaissances du programme ne permettent pas d'identifier un tel problème. (Mathieu, Billy, Fiana).
Pour toutes les connaissances du programme, on doit pouvoir formuler un tel problème. (Mathilde)

- Anticiper les formulations possibles du problème.

Élaboration d'une situation-problème ou scénario

- Rechercher une situation qui fasse émerger un questionnement (une diversité de questions) permettant d'isoler un problème scientifique.
  Les situations très ouvertes peuvent soulever plusieurs problèmes scientifiques, elles ne sont pas facilement gérables dans les conditions d'enseignement habituel.
- Construire une situation motivante (enrobage).
  - Anticiper les questions et les problèmes scientifiques qui peuvent être soulevés par la situation même si tous ne peuvent pas être anticipés.
  - Identifier les éléments qui permettront aux élèves de comprendre la situation et de formuler des hypothèses ou des conjectures : informations, connaissances, attitude du professeur (en faisant attention au vocabulaire utilisé). Il est nécessaire de doser ce que l'on donne aux élèves : ils ne doivent pas tout avoir à disposition (sous risque de glisser vers une simple devinette, sous risque de tuer la curiosité).

Pour cela on s'appuie :

- Sur les erreurs obtenues dans les évaluations (diagnostiques ou celles des années précédentes), sur des obstacles (résistances intellectuelles) déjà identifiés dans les livres.
- Sur les réactions des élèves les années précédentes.

Identifier les connaissances, savoir-faire, savoir-être nécessaires pour faire l'activité

À relier au choix du problème et de la situation

- Déterminer les connaissances, savoir-faire, savoir être qui seront nécessaires :
- pour situer la place de la séance dans la progression,
- pour identifier les connaissances complémentaires qu'il faudra apporter (en faisant attention de ne pas fermer le problème)

Identifier les aides à apporter aux élèves

À relier au scénario

- Lesquelles ?
- Des aides liées aux connaissances mais aussi aux savoir-faire et savoir être.

Exemple : participer à un débat au sein d'un groupe (comment j'interroge mon voisin ? Comment je lui demande de développer son idée ? Comment je l'écoute ?...).

- Sous quelles formes ? Par qui ? : fiche méthode, autre(s) élève(s), cahier, interventions orales et attitudes du professeur,…

Les interventions orales et les attitudes du professeur sont très importantes : il faut savoir se mettre en retrait physique, ne pas donner la réponse mais proposer des ressources, répondre à une question par une question. → Anticiper, quand intervenir, visualiser où se mettre (au bureau, circulation dans les groupes…).

- Pour qui ? : Aide individualisée, pour tous, …

Anticiper les hypothèses ou les conjectures

On souhaite que les élèves soient en mesure de formuler des hypothèses ou des conjectures, qu'ils n'aient pas d'emblée la bonne hypothèse ou la bonne conjecture, qu'il y aient plusieurs hypothèses ou conjectures permettant d'alimenter un débat, qu'ils aient un doute sur la validité de leur hypothèse ou de leur conjecture et qu'ils aient envie de l'éprouver.
Anticiper les hypothèses ou les conjectures que les élèves peuvent formuler :

- Pour déterminer l'intérêt du problème et savoir si cela vaut le coup d'élaborer une situation.

Créer les conditions permettant une argumentation de l'élève sur les hypothèses ou les conjectures proposées :

- sens du terme argumenté en sciences et en maths ?

Encadré 6 : Métaressource générique collective (MRG_2)

5.2.4.3. *Une production codisciplinaire de métaressources disciplinaires*

La production et la mise en jeu de MRD s'entrelacent avec la production des MRG (Figure 10). Chaque professeur prépare deux situations d'enseignement (S et S'), chacune conduisant à la production d'une *métaressource disciplinaire* (MRD et MRD'). La situation S préparée en 2013 et les ressources associées sont révisées en 2014, La situation S'produisant la MRD' est préparée en 2014 mais n'est pas révisée au cours de l'expérimentation. Ces choix permettent au chercheur de suivre la révision de la MRD produite la première année et aux professeurs de mettre à l'épreuve la MRG dans deux contextes différents.

Le travail documentaire qui accompagne la production d'une MRD est un processus continu que nous soutenons par un ensemble de tâche et d'outils (Figure 12).

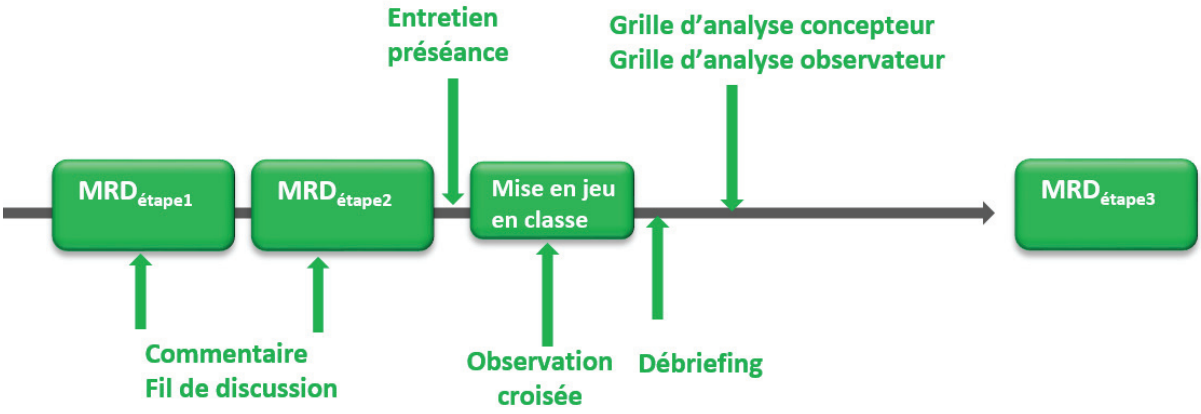


Figure 12 : Tâches et outils soutenant la production d'une MRD.

En 2013, les temps d'interactions entre le professeur concepteur et les autres professeurs du collectif sont planifiées par le chercheur (Tableau 19), en 2014 ce sont les professeurs concepteurs qui planifient leur activité. Hammoud (2012) met en évidence que les interactions au sein d'un collectif ont d'autant plus d'effet sur la conception de la ressource visée qu'elles interviennent en amont dans la conception de cette dernière. Aussi, nous proposons au professeur concepteur de soumettre deux fois sa MRD aux réactions du collectif, une première fois après avoir élaboré seulement une trame structurée d'un scénario, une deuxième fois pour présenter le scénario et l'ensemble des ressources nécessaires à sa mise en œuvre. Les autres professeurs peuvent demander des précisions ou des explications, exprimer un désaccord, faire des propositions à l'aide des commentaires et des fils de discussions. Les deux étapes de la conception d'une MRD sont prévues sur une durée d'environ un mois afin que les interactions et les révisions puissent effectivement se réaliser. Conformément aux résultats de Hammoud (2012), à la fin de l'année 2012-13 les professeurs ont ressenti la première phase d'interactions sur un scénario non finalisé plus riche que la deuxième phase qui avait lieu sur

un scénario beaucoup plus abouti. En 2013-14, ils ont décidé de ne conserver que la première phase d'interaction.

5.2.5. La posture du chercheur

Dans toute observation, même dans une observation naturelle non instrumentée, le chercheur introduit un contrôle qui est inhérent à la posture de chercheur (Chevallard, 1992). Nous présentons et justifions dans cette partie la posture adoptée par le chercheur pour s'assurer de la portée de la recherche. Notre objectif est de contraindre le moins possible l'activité des professeurs dans le cadre de la réalisation afin de recueillir leur participation et de laisser libre cours aux genèses documentaires que nous souhaitons étudier. Faisant partie intégrante de notre dispositif notre posture doit être explicitement établie pour comprendre et maîtriser ses effets dans les données recueillies et dans les résultats de la recherche (Sabra, 2008). Cela nous conduit à expliciter la part de notre responsabilité et celle des professeurs, ainsi que les négociations possibles, dans la conception des outils méthodologiques et dans les tâches de la réalisation (§5.2.5.1), ainsi que dans les modalités d'interactions codisciplinaires (§ 5.2.5.2). Nous concluons en analysant la réception de la posture du chercheur par les professeurs (§ 5.2.5.3).

5.2.5.1. Des outils et des tâches proposés et négociés

Le *principe d'une conception dans l'usage* (§ 3.1.1) vise à concevoir une réalisation qui soit adaptée au mieux aux besoins respectifs du chercheur et du collectif. Dans cette perspective le chercheur vise tout au long de la recherche l'intégration des propositions des professeurs. Il les encourage ou les limite selon leurs effets sur la réalisation. Ainsi, les outils méthodologiques et les tâches qui orientent la production des métaressources (MRG et MRD) sont identifiés et proposés par le chercheur, mais font l'objet de révisions et d'adaptations possibles par le collectif. Les questionnaires permettent de s'assurer de l'adhésion des professeurs et les temps d'information et de régulation sont des moments où la négociation ou/et les adaptations choisies entre professeurs et chercheurs sont possibles.

Les professeurs ont ainsi ajouté et retiré des outils à la réalisation. Les débriefings, par exemple, ont été introduits en 2013 sur une proposition d'un professeur qui a retenu l'attention de tous, ils ont été abandonnés en 2013 à la demande des professeurs à cause des contraintes à réunir tout le collectif à la suite de chacune des observations croisées. Le fait que le Fil des échanges n'ait plus été complété par les professeurs au bout du quatrième mois du suivi, et le faible intérêt que les professeurs ont exprimé pour cet outil dans leurs réponses au questionnaire de régulation en fin de première année, ont conduit à le retirer de la réalisation la deuxième année.

Les tâches proposées aux professeurs tentent, dans la mesure du possible, d'être suffisamment souples pour permettre des adaptations et des initiatives. Pour produire une métaressource générique par exemple, s'il est demandé d'utiliser un support numérique pour pouvoir la partager facilement à distance, les professeurs utilisent initialement une forme textuelle dans un fichier texte, mais le format évolue au cours des deux années. La deuxième année, Mathieu, puis Mathilde et Billy introduisent un schéma fléché pour compléter le texte de leur MRG (Figure 13). Fiana, elle, complète son texte par une carte mentale réalisée à l'aide d'un logiciel (Figure 14). Si cette carte l'aide à repérer et décrire les repères, elle lui fournit également une représentation de la situation de travail facilement mobilisable dans l'action. En effet, Fiana justifie à ses collègues l'adoption de ce support de la façon suivante : « C'est pour ça que ça m'intéressait une carte, parce que ça maintenant je l'ai dans la tête » (Focus group, 19/03/15). Ce support semble donc renforcer la médiation à composante pragmatique de cette métaressource.

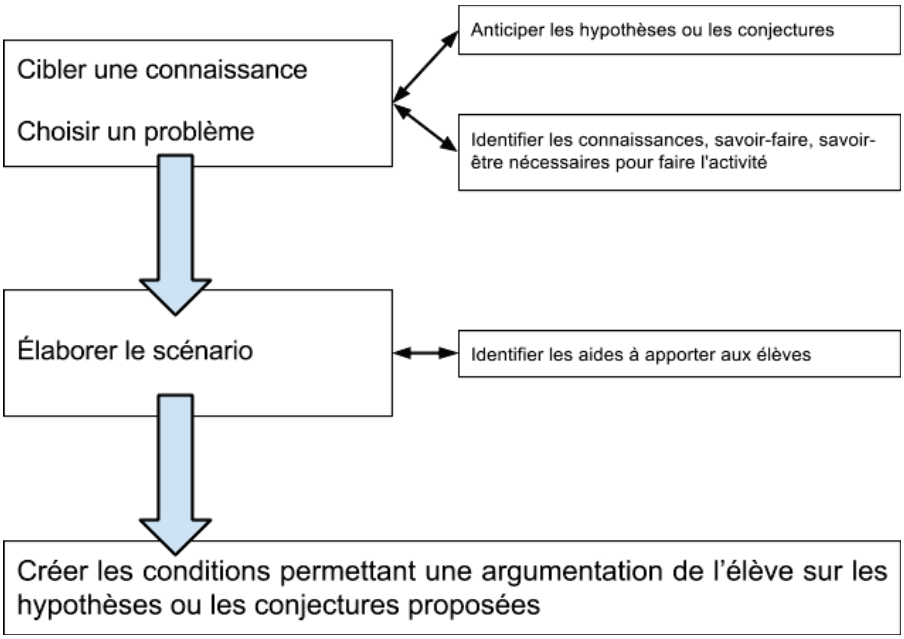


Figure 13 : Schéma fléché de la MRG_3 de Mathieu.

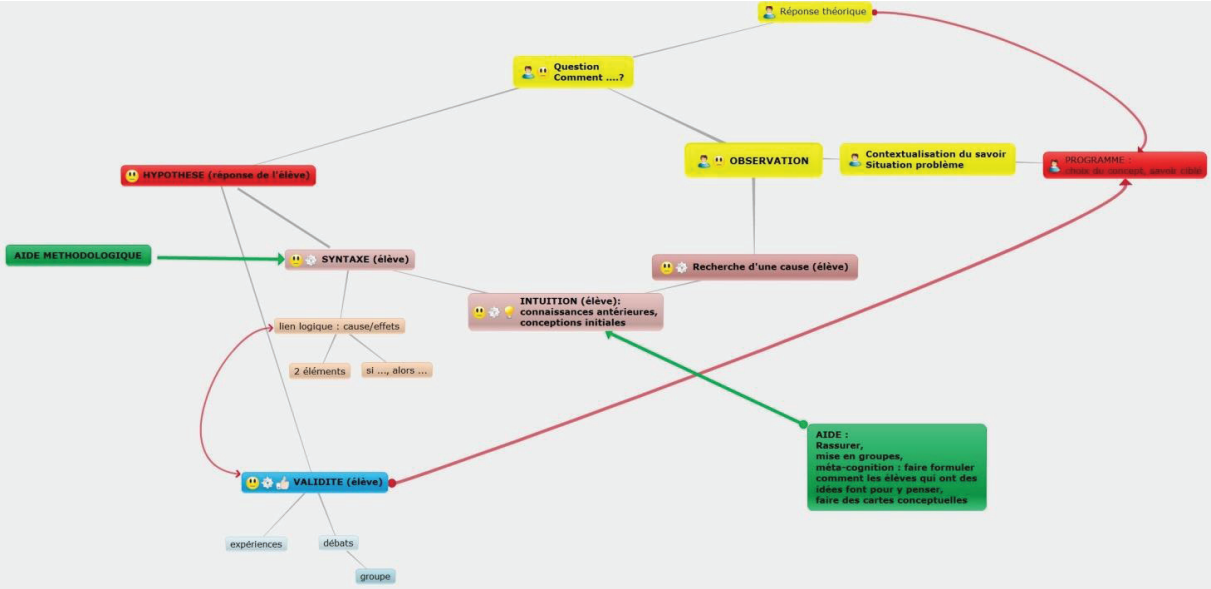


Figure 14 : Carte mentale de la MRG_4 de Fiana.

Il est enfin important de souligner que, même en absence de négociation, une *tâche* est par nature différente de l'*activité* mise en œuvre (§ 2.4.3). L'activité fait l'objet d'une contextualisation et d'une adaptation de la tâche à la situation et au professeur. Le Tableau 19 et le Tableau 20 illustrent la contextualisation de la tâche et les écarts entre l'activité de Mathieu, reconstruite par le chercheur, et cette tâche, pour produire une *métaressource* disciplinaire en 2013. La tâche préconisait qu'un seul professeur soit concepteur de la métaressource et que deux professeurs interagissent avec le concepteur. L'activité observée informe que Mathilde, collègue de mathématiques de Mathieu, collabore à la production de la métaressource et que les interactions s'effectuent ensuite entre tous les professeurs du collectif. Pour ne pas surcharger le travail du concepteur, la tâche proposait une interaction restreinte dirigée uniquement vers le professeur concepteur, or Mathieu prend l'initiative de répondre aux commentaires qui lui sont adressés engendrant ainsi des fils de discussion. En échangeant ainsi avec ses collègues, Mathieu se fixe un but qui dépasse celui prescrit par la tâche. Le but qui consiste à approfondir son travail de préparation à partir des échanges avec les membres du collectif devient partagé avec les autres professeurs puisque 81 des 124 commentaires introduits dans les métaressources disciplinaires du collectif sont suivis d'une réponse du concepteur (Tableau 33).

Etape	Durée	Acteurs	Tâches à réaliser
1A	1 semaine	concepteur de la séance	Canevas du travail de préparation conduisant au problème scientifique à résoudre par les élèves avec les repères ayant servis de point d'appui à partir de la grille de description.
1B	1 semaine	concepteur + 2 enseignants des autres disciplines	Interactions : demande de précisions, d'explications, expression d'un désaccord, propositions. Ces interactions se font à l'aide de la fonctionnalité « commentaires » dans la grille de description.
2 A	1 semaine	concepteur de la séance	Finalisation du travail de préparation avec toutes les ressources nécessaires dans une nouvelle grille de description.
2B	1 semaine	concepteur + 2 enseignants des autres disciplines	Interactions : demande de précisions, d'explications, expression d'un désaccord, propositions. Ces interactions se font à l'aide de la fonctionnalité « commentaires » dans la grille de description.
3	1 semaine	concepteur de la séance	Ajustements nécessaires.

Tableau 19 : Planification des tâches pour la production d'une MRD en 2013.

Etape	Durée	Acteurs	Activité réalisée
1A	du 2 au 7 avril	Mathieu + Mathilde	Canevas du travail de préparation conduisant au problème scientifique à résoudre par les élèves avec les repères ayant servis de point d'appui à partir de la grille de description.
1B	8 au 14 avril	Mathieu + Mathilde Fiana + Filomène	Interactions : demande de précisions, d'explications, expression d'un désaccord, ~~propositions~~ + réponse de Mathieu aux commentaires. Ces interactions se font à l'aide de la fonctionnalité « commentaires » dans la grille de description + fils de discussion.
2 A	15 au 26 avril	Mathieu + Mathilde	Finalisation du travail de préparation avec toutes les ressources nécessaires dans une nouvelle grille de description.
2B	13 au 17 mai	Mathieu + Mathilde Fiana + Filomène + Billy	Interactions : demande de précisions, d'explications, expression d'un désaccord, propositions + réponse de Mathieu aux commentaires. Ces interactions se font à l'aide de la fonctionnalité « commentaires » dans la grille de description + fils de discussion
3	20 au 24 mai	Mathieu	Ajustements nécessaires.

Tableau 20 : Reconstruction de l'activité de Mathieu pour produire sa MRD en 2013.

Dans ces deux exemples, les adaptations des professeurs sont mises au service des objectifs de la recherche, les instrumentalisations observées potentialisent les fonctions des outils méthodologiques. Nous n'avons pas observé d'adaptation susceptible de dénaturer la réalisation.

5.2.5.2. Des interactions codisciplinaires stimulées, mais non nourries

Les commentaires et fils de discussions pouvant être apportés dans les métaressources, les observations croisées, les focus groups, debriefings et le Fil des échanges sont les outils méthodologiques utilisés pour favoriser des interactions codisciplinaires. Que ces dernières se déroulent en présentiel ou à distance par écrit, le chercheur ne commente et ne formule aucune opinion ou jugement de valeur sur ce qui est dit ou fait, Il n'apporte aucune connaissance de nature épistémologique, didactique ou pédagogique. Durant les temps en présentiel, il accompagne les échanges par des interventions qui ont pour objectif de favoriser la confrontation des points de vue et l'explicitation des propos afin qu'ils soient compris de tous. Une seule exception à cette posture a volontairement été faite lors du premier focus group afin de délimiter, entre le chercheur et les professeurs, l'objet de travail du collectif (§ 5.2.1.2).

5.2.5.3. La réception de la posture du chercheur par le collectif

En assurant un fonctionnement du collectif négocié avec ses membres, le chercheur adopte une posture que nous qualifions d'*accompagnatrice.* En s'efforçant de ne pas apporter d'autres ressources que les outils méthodologiques de la *réalisation* et en favorisant une attitude réflexive, il développe une *posture* que nous qualifions de *compréhensive*.

Les réponses des professeurs dans le questionnaire de régulation semblent mettre en évidence une reconnaissance de ces postures (Tableau 21). En effet le chercheur :

- assiste les professeurs dans le fonctionnement du collectif (« elle a (…) structuré notre cadre de travail », « Les apports ont été sur une approche méthodologique », « Elle nous a permis de créer du lien avec d'autres collègues ») ;
- aide les professeurs à expliciter leur point de vue (« nous faisant reformuler », « nous faire prendre du recul », « Elle nous a permis de mettre au clair nos idées ») ;
- anime les échanges (« nous a permis de nous recentrer sur un sujet donné », « Beaucoup présente sur la stimulation des débats entre les collègues », « de le confronter et de l'ouvrir aux autres disciplines scientifiques ») ;

Mais le chercheur ne contribue pas de façon directe aux échanges (« Elle a su nous laisser partager nos points de vue », « Elle a été une observatrice de nos échanges », « Trop peu d'apports théoriques »).

La régulation de la *réalisation* est assurée par l'association du chercheur au collectif, dans une *posture compréhensive* et *accompagnatrice* reconnue par les professeurs.

La *réalisation d'investigation réflexive* s'appuie sur un ensemble de tâches et d'outils méthodologiques proposés par le chercheur, et négociés avec le collectif, pour permettre une dévolution de son objet. Elle articule des tâches ancrées dans la discipline enseignée et des tâches relatives aux ressources et aux pratiques appartenant aux autres disciplines du collectif. Son objectif est, d'une part, de favoriser des genèses documentaires codisciplinaires de métaressources, et d'autre part, d'assurer le recueil des données de la recherche. Cette réalisation questionne la participation effective des professeurs.

	2013	2014
Mathieu	Elle a su nous laisser partager nos points de vue. Elle a laissé à chacun la possibilité d'aller au bout de son idée en recentrant parfois le débat sur l'hypothèse.	Elle a été une observatrice de nos échanges qui, en nous faisant reformuler, arrivait parfois à nous montrer que des questions faisaient consensus et d'autres non, qui parvenait à faire une synthèse.
Mathilde	Elle a essayé de nous faire prendre du recul par rapport à notre point de vue très interne à notre discipline et du coup de le confronter et de l'ouvrir aux autres disciplines scientifiques. Elle nous a permis de créer du lien avec d'autres collègues.	Elle nous a permis de mettre au clair nos idées sur la démarche, dans les repères en les précisant de plus en plus, et en amont des séances mises en place pour revoir l'organisation de la séance, et faire le lien avec les repères.
Fiana	Trop peu d'apports théoriques. Beaucoup présente sur la stimulation des débats entre les collègues.	Les apports ont été sur : - une approche méthodologique possible pour analyser nos séances où les élèves font des hypothèses. - une méthodologie d'observation des séances des collègues. - une motivation à réfléchir grâce aux demandes écrites sans ça on serait resté dans le vague.
Filomène	Elle a animé le débat et nous a permis de nous recentrer sur un sujet donné ce qui n'est pas évident lorsque le groupe commence à être conséquent et lorsque plusieurs discussions commencent en même temps. Elle nous a aussi poussés à expliquer chaque étape de notre travail.	(pas de participation au collectif en 2014)
Billy	Elle nous a beaucoup apporté dans ce projet en étant à l'écoute et en nous apportant une structuration capitale dans l'élaboration de la progression de celui-ci.	Elle a eu un rôle central dans le développement du projet. En effet, elle a toujours été à notre écoute et a parfaitement structuré notre cadre de travail (Google drive, mail de rappel, préparation de réunion,...). En nous proposant ce projet et en nous aidant à le rendre réalisable elle a permis la construction d'un vrai état d'esprit d'équipe entre nous.

Tableau 21 : Réponses des professeurs à la question « Décrivez, de votre point de vue, les apports du chercheur dans le projet ».

5.3. Evaluation de la participation des professeurs

Nous présentons les outils méthodologiques complémentaires qui ont été mis en place pour apprécier la participation des professeurs à la recherche (§ 5.3.1), puis nous montrons comment ces outils permettent d'évaluer le « prendre part » des professeurs (§ 5.3.2), leurs contributions (§ 5.3.3) et les bénéfices qu'ils en retirent (§ 5.3.4).

5.3.1. Des outils d'évaluation de la participation

Pour évaluer la participation des professeurs à la recherche nous mobilisons des outils méthodologiques de la réalisation (questionnaire initial, questionnaire de régulation, commentaire et fil de discussion, grille d'analyse des observateurs) que nous complétons avec des outils spécifiques de cette évaluation (*recueil des « re-sources » des MRG*, *journal des apports du collectif*). La frise chronologique de la Figure 15 présente leur utilisation au cours de la recherche. Nous mettons en évidence dans les paragraphes suivant leur apport pour évaluer en quoi les professeurs prennent part à la recherche, y contribuent et en bénéficient (§ 5.1.3.4).

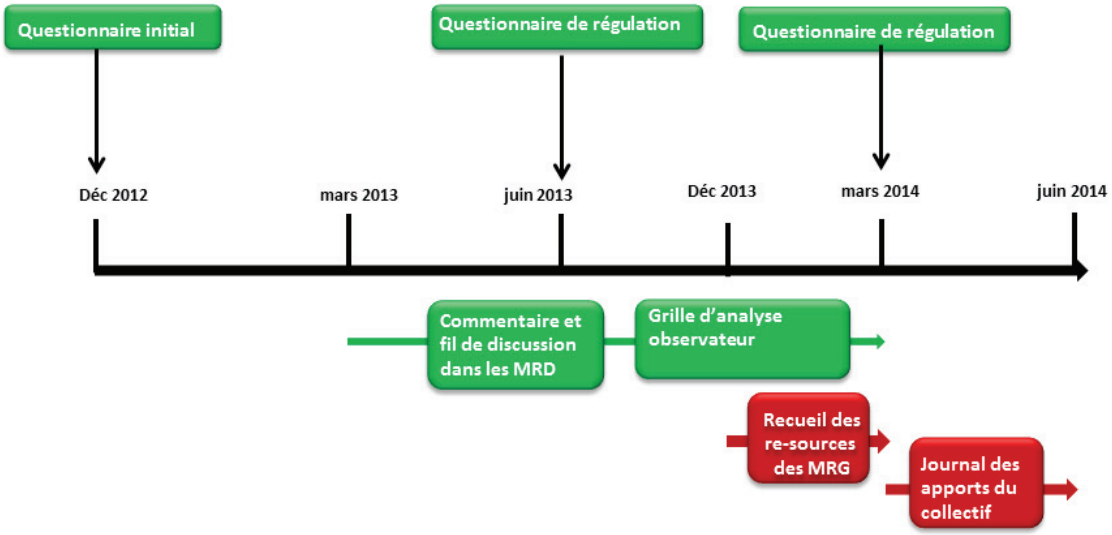


Figure 15 : Outils méthodologiques d'évaluation de la participation des professeurs à la réalisation.

5.3.2. Evaluer le « Prendre part »

Pour évaluer la motivation des professeurs, qui constitue un préalable au *prendre part,* et leur reconnaissance mutuelle comme spécialiste d'une discipline et comme expert de l'enseignement, nous nous appuyons sur une sélection de questions issues du *questionnaire initial* et du *questionnaire de régulation* qui permettent également d'évaluer la participation des professeurs. Le Tableau 22 présente les indicateurs recherchés et les questions utilisées. Nous évaluons également le *prendre part* par le respect du contrat de recherche.

Questions	**indicateurs**
Questionnaire initial (décembre 2012)	
Quelles sont les motivations qui vous ont poussé à participer à ce projet ? Quelles sont vos attentes ?	Motivation préalable
Questionnaire de régulation (juin 2013 – avril 2014)	
Décrivez les satisfactions que vous avez pu ressentir dans ce projet.	Satisfaction ressentie.
Un collectif constitué de trois disciplines scientifiques : Décrivez en quoi cela a pu être pour vous une source de richesse. Décrivez en quoi cela a pu être pour vous une source de difficulté.	Reconnaissance en tant que professeur spécialiste d'une discipline.
Décrivez l'organisation du groupe tel que vous l'avez ressenti	
Décrivez, de votre point de vue, les apports du chercheur dans le projet.	Reconnaissance en tant que professionnel de l'enseignement.

Tableau 22 : sélection de questions des questionnaires de la réalisation contribuant à apprécier le *prendre part.*

5.3.3. Evaluer les contributions

Nous présentons les outils méthodologiques utilisés pour évaluer les contributions faites par les professeurs (§ 5.3.3.1), puis nous montrons comment nous analysons les contributions faites sous forme de commentaires (§ 5.3.3.2).

5.3.3.1. *Outils méthodologiques*

Nous étudions les contributions des professeurs de trois façons : à partir des interactions qui ont cours d'un WP_{HC}, à partir du ressenti des professeurs sur leurs contributions respectives et à partir du degré de partage de leurs ressources.

Les interactions sont étudiées à deux moments stratégiques d'un travail documentaire codisciplinaire : lors de la préparation de la situation d'enseignement, à partir des commentaires et fils de discussion qui sont insérés dans la métaressource disciplinaire, et lors de sa mise en jeu en classe à partir des observations croisées et des grilles d'analyse qui sont rédigées par les observateurs à destination du concepteur. Si la réalisation oriente ces contributions, elle ne les détermine pas car les professeurs sont libres de contribuer ou pas. Les ressentis des professeurs sur les contributions au sein du collectif sont recueillis à partir des réponses exprimées à la question « Décrivez l'organisation du groupe tel que vous l'avez ressenti » (questionnaire de régulation, annexe 1.2). Nous apprécions le degré de partage des ressources au sein du collectif en regardant, dans l'espace numérique de travail, avec qui un professeur partage ses dossiers (uniquement le chercheur, certains professeurs, tous les professeurs).

Les témoignages des professeurs sur l'organisation du travail collectif au cours d'une préparation nous conduisent à faire l'hypothèse que les commentaires et fils de discussion insérés dans une MRD concentrent l'essentiel des interactions qui ont lieu entre les professeurs. Nous centrons donc notre analyse des contributions sur ces données.

5.3.3.2. *Analyses des contributions effectuées sous forme de commentaires*

Pour analyser les contributions des professeurs qui sont effectuées sous forme de commentaires dans une MRD nous nous référons aux caractéristiques que Zask (2011) attribue à une contribution (5.1.3.4). Dans notre contexte, une contribution réalisée :

- porte la marque d'un intérêt et d'un effort à établir un échange ;
- est articulée au WP_{HC}, c'est-à-dire porte sur une question, un point de vue ou une proposition concernant un point ciblé de la situation d'enseignement préparée ;
- produit une réaction du professeur concepteur.

En appui sur ces caractéristiques, nous retenons trois types de contribution que nous présentons et exemplifions ci-après.

- ***Les contributions de type A : contributions articulées engendrant une réaction***

Une contribution de type A est un commentaire articulé au WP_{HC} qui est suivi d'une réaction du professeur concepteur. Cette réaction se manifeste par une réponse au commentaire qui apporte

une explicitation, une justification des choix effectués, ou encore une marque d'intérêt ou de désaccord avec ce qui est exprimé (exemple 1). Elle peut encore se manifester par un effet sur les choix opérés dans la conception de la situation d'enseignement, ces choix pouvant être remis en question (exemple 2) ou être confortés (exemple 3).

Exemple 1 : Dans le fil de discussion qui suit, Billy répond au commentaire de Fiana en donnant une explicitation de ce qu'est, selon lui, un modèle et une justification de son utilisation pour élaborer des hypothèses :

> *Fiana* : « J'ai été surprise de voir que la modélisation venait comme support pour faire émettre des hypothèses, je la verrais plutôt comme tu en fais d'ailleurs la remarque comme une validation / une démonstration. (…) ».
> *Billy* : « Dans mon idée, une modélisation n'est qu'une vision simplifié, virtuelle de la réalité qui permet de mieux s'approprier des contextes géologiques non accessibles par des sorties ou des observations directes et qui permet donc éventuellement d'émettre des hypothèses mais pas de les valider. » ($MRD_{étape1}$ de Billy, commentaire 4)

Exemple 2 : Fiana remet en cause le matériel choisi par Mathieu pour mesurer le périmètre d'un cercle en insérant le commentaire suivant :

> « Perso[nellement], je laisserais tomber le ballon car les autres objets sont cylindriques et c'est déjà compliqué. Je garderais la sphère pour une autre réflexion. » (MRD' de Mathieu, commentaire 8)

Par la suite, Mathieu supprime le ballon de la liste du matériel proposé aux élèves.

Exemple 3 : Pour préparer un débat collectif sur les arguments qui fondent les hypothèses, Fiana demande aux groupes d'élèves de formuler des hypothèses sur une affiche et d'échanger les affiches entre les groupes. En 2013, elle leur propose ensuite d'exprimer leur remarques, leurs questions, leurs avis en apposant des post-it. En 2014, lors de la révision de sa situation, elle envisage dans sa MRD d'outiller les groupes d'élèves d'une grille ayant pour fonction d'évaluer la pertinence des hypothèses formulées. Mathilde exprime dans un commentaire :

> « Ca me paraît être plus simple à gérer que les post-it et donner plus de sens à la trace écrite. ». ($MRD_{étape3}$ de Fiana , commentaire 8)

Par la suite, Fiana produit une grille d'analyse et l'utilise en classe.

- ***Les contributions de type B : contributions articulées restant sans réaction du concepteur***

Une *contribution B* est un commentaire qui est articulé au WP_{HC}, mais qui reste sans réaction du contributeur. Il peut s'agir d'une question qui reste sans réponse (exemple 4) ou d'une proposition qui reste sans incidence directe sur les ressources produites par le professeur concepteur (exemple 5).

Exemple 4 : Mathieu à Billy qui ne répond pas :

« Réflexion collective que tu animes en posant des questions précises ou du style qu'en pensez-vous ? ». (MRD' de Billy, commentaire 2)

Exemple 5 : Mathilde à Mathieu :

« Pour en avoir parlé avec Fiana (du problème sans question), je pense maintenant que c'est une perte d'énergie pour eux, c'est-à-dire qu'ils vont passer du temps et de la concentration pas sur ce qu'on veut. Donc je donnerais le même doc[ument] que l'année dernière, en ajoutant la question: « quel est le nombre de carreaux gris sur un carré de côté 2014 carreaux? » » ($MRD_{étape3}$ de Mathieu, commentaire 4)

Mathieu ne retient pas cette proposition, car il construit une première activité qui consiste à dénombrer le nombre de carreaux gris sur des carrés particulier, puis dans un deuxième temps seulement, formule le problème sur un carré possédant un grand nombre de carreaux sur son côté (37 et non 2014).

- ***Les contributions de type C : marques d'intérêt***

Une *contribution C* est un commentaire sur le travail de préparation qui marque un intérêt sans effort réel d'établir un échange. Il s'agit d'un constat ou d'une appréciation très générale qui n'appelle pas vraiment de réponse du concepteur.

Exemple 6 : Billy à Mathilde

« Pas de remarque particulière, je pense que c'est très bien pensé ». (Billy, MRD' de Mathilde, commentaire C1)

5.3.4. Evaluer les bénéfices retirés

Après avoir présenté les principes et outils méthodologiques utilisés pour évaluer les bénéfices retirés par les professeurs de leur participation au collectif (§ 5.3.4.1), nous analysons les bénéfices orientés par la réalisation (§ 5.3.4.2) et plus largement ceux qui sont orientés par le collectif (§ 5.3.4.3).

5.3.4.1. Principes et outils méthodologiques

Nous avons développé deux outils méthodologiques pour apprécier le bénéficie retiré par un professeur. Il s'agit du *recueil des « re-sources » des MRG* et du *journal de bord des apports du collectif.* Le *recueil des « re-sources » des MRG* vise à apprécier en quoi l'activité du collectif permet à un professeur de se réaliser en tant que membre du collectif tandis que le *journal de bord des apports du collectif* vise à apprécier en quoi elle lui permet de se réaliser en tant que professionnel au-delà du collectif et de son objet de travail.

Ces outils ont été proposés aux quatre professeurs du collectif qui ont participé à l'ensemble de la recherche. Ils sont individuels et impliquent les professeurs dans un suivi réflexif des indices de leur participation. Les informations recueillies sont relatives aux principales ressources et à leurs usages. Elles ne visent pas une exhaustivité, mais une mise en relief des bénéfices retirés. Pour atteindre cet

objectif, nous reconnaissons comme *ressource* tout ce qui est susceptible de *re-sourcer* le travail documentaire des professeurs (§ 3.1.1).

Nous croisons les informations apportées avec d'autres informations recueillies à l'aide des outils de la réalisation, de façon à faire des inférences qui soient au plus près de l'activité réelle. Lorsque la déclaration d'un professeur est confortée par d'autres données, nous considérons qu'il s'agit d'une information attestée par le chercheur. Il peut par exemple s'agir de la même information qui est apportée par le professeur dans des contextes différents ou par deux professeurs différents, ou encore d'informations congruentes. Une donnée attestée est ainsi une donnée qui a une plus forte probabilité de correspondre à l'activité réelle que la seule déclaration d'un professeur.

5.3.4.2. Evaluer les bénéfices orientés par la réalisation

La production de MRG étant l'objectif principal de l'activité du collectif, pour apprécier si un professeur se réalise en tant que membre du collectif, nous cherchons à repérer s'il bénéficie du collectif pour instrumentaliser sa MRG et si cette instrumentalisation a un effet sur son système documentaire. Nous utilisons pour cela le *recueil des « re-sources » des MRG* (annexe 3).

Le *recueil des « re-sources » des MRG* est un outil qui a pour objectif de repérer ce qui, selon les professeurs, *« re-source »* (§ 3.1.1) la révision de leur MRG et en quoi cela la *« re-source »*. Repérer en quoi une ressource guide une action nous donne des informations sur les usages de cette ressource et nous permet d'inférer d'éventuelles évolutions du système documentaire du professeur.

Le *recueil des « re-sources » des MRG* se présente sous forme d'un tableau dans lequel les professeurs décrivent les 5 principales ressources qui ont orientée la révision de leur MRG et le rôle de chacune de ces ressources (Tableau 23). Il est indiqué aux professeurs que le terme « ressource » utilisé dans le tableau possède un sens très large, il recouvre toutes les ressources quel que soit leur support (matériel, numérique, interaction sociale) et quelle que soit leur origine (interne ou externe au collectif). Cet outil a été proposé aux professeurs en décembre 2013 et en mars 2014, aux moments de la révision de leur MG_3 et MG_4.

Précisez les 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères.	**Précisez le rôle de chacune des ressources**
Extrait du *Recueil des re-sources des MRG* de Mathieu	
Pour établir le schéma que je propose à la fin, je me suis surtout inspiré de la construction de ma séance sur le calcul du périmètre (…)	Dans cette séance sur le calcul du périmètre, le scénario était très rythmé, les différents temps très clairs, l'enchaînement assez minuté. La préparation de cette séance m'a donc donné l'occasion de réfléchir à la chronologie dans la préparation ; et je n'ai pas identifié de réelle chronologie, mais plutôt trois grandes étapes : -choix du problème -scénario -préparer l'argumentation Les autres repères m'ont semblé plus transversaux et permettent de valider le choix des connaissances ou du problème. (…).
Extrait du *Recueil des re-sources des MRG* de Fiana	
UN VIEIL ARTICLE : L'hypothèse scientifique In : Revue néo-scolastique. 6° année, N°23, 1899. pp. 242-258	- le classement en 3 types d'hypothèses : j'ai compris que je ne m'intéressais qu'au 3ème type et donc cela m'a confirmée que dans les situations proposées je demandais aux élèves une recherche de cause. (aide pour les élèves rendre explicite ce lien causal avec une méthodologie imposée sur la syntaxe de l'hypothèse)

Tableau 23 : Assemblage d'un extrait du *Recueil des re-sources des MRG* de Mathieu et de Fiana

Nous présentons ci-après comment nous étayons les déclarations des professeurs pour apprécier les restructurations de leur système documentaire qui sont en lien avec l'instrumentalisation de leur MRG :

(1) Pour attester que les ressources évoquées sont utilisées par les professeurs, nous les confrontons aux informations sur les ressources des professeurs obtenues à partir du questionnaire initial, des MRD, des entretiens pré-séance, des observations croisées et des focus group.

Exemples :

- les « notes personnelles du focus group » évoquées par Fiana sont attestées car elle a systématiquement pris des notes au cours des focus groups (Tableau 37) ;
- la « Formation sur les démarches d'investigation en mathématiques » évoquée par Mathilde est attestée car elle en a fait un compte-rendu au collectif au cours d'un focus group ;
- la « progression annuelle » évoquée par Billy n'est pas attestée car elle n'a pas été partagée avec le chercheur, n'a pas été mentionnée par un autre professeur, n'a pas été évoquée par Billy dans un autre contexte (Tableau 38).

(2) Pour attester que l'apport déclaré a eu un effet sur l'instrumentalisation de la MRG nous le confrontons aux révisions effectuées par le professeur dans sa MRG (Tableau 24).

Extrait du Recueil de re-sources de Mathilde		**Révision de la MRG par Mathilde (but : réviser le repère Aide)**
Ressource évoquée	**Apports de la ressource**	
« La visualisation du déroulé de ma séance sur la somme des angles. Pour les aides à apportées, je me suis revue en classe pendant la séance sur la somme des angles à demander aux élèves de me décrire le document. »	« J'ai pu préciser des choses sur les aides dans mon repère 4. »	La phrase suivante est ajoutée dans le repère « Aides » : « ça peut être des aides pour lancer le travail si les élèves n'ont pas de piste en leur demandant de **décrire le document ou** relancer le travail quand la réflexion s'essouffle en leur demandant s'ils ont vérifié leurs hypothèses sur tous les exemples »

Tableau 24 : Mise en relation d'une ressource et de son apport avec la révision de la MRG

(3) Pour attester que l'effet indiqué est bien lié à un usage de la ressource évoquée, nous recherchons une corrélation entre ces deux éléments.

Exemples :

- La corrélation peut être directe : Fiana qui indique qu'un « précis de grammaire lui a permis de comprendre la syntaxe de la formulation d'une hypothèse » (Tableau 38).
- La corrélation peut être identifiée à partir d'un croisement de données : Mathieu indique que les MRD produites et mises en jeu en 2014 lui montrent l'intérêt d'avoir des ressources prêtes pour aider les élèves (Tableau 37). Or nous avons pu constater que, dans les situations préparées en 2014, Mathieu a anticipé les aides à apporter aux élèves et a préparé des ressources pour soutenir les élèves en difficulté.

5.3.4.3. Evaluer les bénéfices orientés par le collectif

Pour apprécier le bénéfice retiré par un professeur au-delà du collectif, plus largement dans son activité professionnelle, nous recherchons si l'activité du collectif, indépendamment des tâches de la réalisation, a des incidences sur le système documentaire des professeurs. Nous utilisons un deuxième outil, le *journal de bord des apports du collectif* (annexe 5).

La conception de cet outil a été initiée par le chercheur et s'est poursuivie avec les professeurs au cours du *temps d'information et de régulation* du mois de mars 2014. Les professeurs ont testé et révisé les items proposés par le chercheur afin qu'ils soient compréhensibles par tous, et adaptés aux objectifs de l'outil. Les items retenus ont pour objectif de caractériser les nouvelles ressources ou/et les nouveaux usages que les professeurs ont dans le cadre d'un $WP_{HC,}$ ou dans celui d'une activité professionnelle élargie et qu'ils reconnaissent comme issus de leur participation au collectif (Tableau 25).

Les professeurs ont complété *Le journal des apports du collectif* pour les périodes passées (décembre 2012 à mars 2014) à partir de leurs souvenirs en se limitant aux 5 principales ressources, puis de façon régulière tous les 15 jours entre mars et juin 2014, soit au cours du trimestre qui a suivi la fin de la production des métaressources. Le format de cet outil est un fichier collaboratif en ligne qui permet au chercheur de le consulter à distance et de demander, si nécessaire, des explicitations au professeur.

Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif - des *ressources* du collectif que vous avez intégrées dans votre activité professionnelle Ou - de nouvelles *ressources* que vous avez mobilisées pour améliorer votre activité professionnelle	**Activité professionnelle** Précisez l'activité professionnelle dans laquelle se fait ce réinvestissement : préparation de cours, conduite de classe, formation d'enseignants, cours particuliers, formation personnelle, autres.	**Public-Thème** Précisez à qui s'adresse cette activité professionnelle (établissement, niveau, discipline) et le cas échéant sur quel thème disciplinaire elle porte.	**Démarche** Précisez si l'activité professionnelle est en lien avec l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures par les élèves.	**Comment cela a-t-il été réinvesti** ? Décrivez ce que cela vous a apporté et comment vous l'avez utilisé dans ce contexte	**Références et liens** Communiquez les documents, références, liens qui permettent de mieux comprendre ce qui a été réinvesti ou ce qui a été mobilisé
De plus en plus fréquente.	Conduite de classe	Niveau collège	Démarche d'investigation	Travail en îlot des élèves qui a permis de développer le travail en groupe	Organisation du travail des élèves observée en SPC.

Tableau 25 : Extrait *du journal de bord des apports du collectif* de Billy (période décembre 2012-mars 2014)

Nous croisons les informations apportées par les professeurs avec d'autres informations recueillies pour pouvoir attester :

- des liens entre les ressources et les usages évoqués, et l'appartenance au collectif. Nous recherchons pour cela s'ils appartiennent à la réalisation (outils ou tâches), s'ils ont été observés, s'ils ont été mentionnés par d'autres membres du collectif ou encore s'ils sont en lien direct avec l'objet du collectif ;
- de l'existence des ressources indiquées et des usages décrits et de leur nouveauté. Pour cela, nous nous appuyons sur ce que le professeur partage avec le chercheur. Il s'agit des situations d'enseignement préparées et mises en jeu cours de l'expérimentation mais également après l'expérimentation, lorsque les professeurs se sont engagés dans un nouveau projet de recherche (§6.1.4). Il s'agit encore de ce qui est partagé avec le chercheur dans des circonstances plus marginales : Fiana par exemple a demandé au chercheur de relire la présentation de la formation qu'elle souhaitait proposer au Plan académique de formation, Mathieu a envoyé au chercheur les liens des vidéos des conférences de l'IREM qu'il avait consultées. Nous nous référons également aux informations concordantes entre deux professeurs, par exemple Mathilde et Fiana indiquent toutes les deux avoir réalisé des observations croisées sur des situations indépendantes de la réalisation.
-
-
-

5.4. Analyse du modèle opératif qui oriente un WP_{HC}

Cette partie présente la méthodologie utilisée pour analyser des évolutions du modèle opératif qui oriente un WP_{HC}. Après avoir délimité le champ de nos analyses (§ 5.4.1), nous présentons les choix effectués pour interpréter ces évolutions. Un modèle opératif étant un réseau organisé de savoirs-processus, nous présentons au préalable les modalités d'analyse des savoirs-processus et de leurs évolutions (§ 5.4.2) avant de présenter les modalités d'analyse du modèle opératif et de ses évolutions (§ 5.4.3).

5.4.1. Délimitation du champ d'étude

Nous justifions dans cette partie la délimitation des analyses effectuées (§ 5.4.1.1) et celle du corpus analysé (§ 5.4.1.2).

5.4.1.1. Délimitation des analyses

La réalisation mise en place pour engager des professeurs dans des genèses codisciplinaires de métaressources est source de très nombreuses données permettant des analyses diverses des conceptualisations opérées et des effets des interactions codisciplinaires sur ces conceptualisations. Les exigences de l'analyse fine des savoirs-processus et les contraintes temporelles de notre étude nous amène à délimiter les analyses à effectuer. Nous présentons et justifions ci-après les choix opérés.

Nous avons concentré notre analyse sur les conceptualisations d'un seul professeur. Etant donné que le collectif comporte deux professeurs de mathématiques, nous avons retenu un professeur de cette discipline pour apprécier des différences possibles entre les interactions disciplinaires et codisciplinaires. Nous avons retenu Mathieu car c'est lui et non Mathilde qui a rédigé la MRD lors de leur préparation commune en 2013.

Au cours de l'expérimentation, chaque professeur a partagé deux situations d'enseignement, une en 2013 qui a été révisée en 2014 et une autre en 2014. Nous privilégions l'étude du modèle opératif qui oriente la préparation de la première car elle permet de suivre des évolutions entre 2013 et 2014.

De nombreuses interactions ont lieu au sein du collectif, certaines sont soutenues par les outils de la réalisation (Tableau 17) et d'autres s'établissent de façon plus informelles. L'analyse des interactions soutenues par la réalisation implique le traitement d'un corpus très important comme par exemple la transcription de tous les focus groups, tous les temps d'informations et de régulation, tous les débriefings. Quant aux interactions informelles, elles posent le problème de leur repérage. En conséquence, nous délimitons l'étude aux interactions dont nous faisons l'hypothèse qu'elles

constituent des interactions essentielles pour les conceptualisations étudiées. Il s'agit des interactions qui se déroulent durant le travail de préparation en appui sur les outils de la réalisation.

5.4.1.2. Choix du corpus analysé

Nous présentons le corpus utilisé pour analyser un modèle opératif et les effets des interactions codisciplinaires.

- ***Le corpus contribuant à l'analyse d'un modèle opératif***

Un modèle opératif est reconstruit par le chercheur à partir des caractéristiques de ses savoirs-processus. Le corpus permettant l'analyse d'un modèle opératif est donc celui qui permet l'analyse des savoirs-processus. Un savoir-processus est identifié à partir du produit de l'activité et du discours sur cette activité qui sont accessibles au chercheur. Le produit de l'activité correspond aux métaressources disciplinaires (MRD) et aux autres ressources produites par le professeur pour soutenir son activité ou celle des élèves (ex : un diaporama, une trame du scénario). Le discours sur l'activité correspond aux réponses effectuées aux membres du collectif dans les fils de discussion et à la transcription de l'entretien pré-séance au cours duquel le professeur explicite son activité au chercheur.

Un savoir-processus est donc identifié à partir de tout ce qu'un professeur décrit, raconte, commente, explique et justifie dans sa MRD, dans les réponses aux commentaires introduits dans la MRD et lors de l'entretien pré-séance conduit en appui sur la MRD. En conséquence les deux entretiens pré-séance de Mathieu ont été intégralement transcrits (annexe 6.1) et toutes ses MRD produites pour la situation étudiée sont analysées (annexe 2.2). Un savoir-processus peut aussi être identifié à partir des autres ressources qui sont le plus souvent mentionnées par le professeur dans la MRD ou/et qui sont partagées dans le même dossier que la MRD. Une MRD est donc une ressource qui concentre et articule l'ensemble des ressources du travail de préparation du professeur et l'ensemble du corpus permettant l'étude des savoirs-processus. Elle est une ressource essentielle aussi bien pour l'activité du professeur que pour celle du chercheur.

- ***Le corpus contribuant à l'analyse des effets du collectif***

Le choix des interactions analysées (§ 5.4.1.1) délimite le corpus à étudier. Nous repérons les interactions qui sont en lien direct avec le travail de préparation à partir, des échanges effectués dans les fils de discussion insérés dans les différentes étapes de la MRD étudiée, et des apports des autres professeurs dans les grilles d'analyse issues des observations croisées (annexe 4). Nous les complétons par les interactions indiquées par le professeur comme essentielles dans la transcription de l'entretien pré-séance si nous pouvons attester de ces interactions et de l'effet indiqué par le professeur.

5.4.2. Analyse des savoirs-processus du modèle opératif

Nous présentons les règles méthodologiques utilisées pour identifier les éléments constitutifs des savoirs-processus (§ 5.4.2.1) avant de présenter les modalités d'analyse d'évolution de ces savoirs-processus (§ 5.4.2.2).

5.4.2.1. Identification des éléments constitutifs d'un savoir-processus

Les règles utilisées pour identifier les éléments constitutifs d'un savoir-processus s'appuie sur celles utilisées par Grangeat (2011a). Nous les adaptons pour prendre en compte le contexte de notre recherche qui est défini par :

- Les caractéristiques de l'activité étudiée (§ 2.2) ;
- le corpus qui est principalement constitué par des ressources et des interactions écrites (avec les autres professeurs) et orales (avec le chercheur) à propos de ces ressources.

Nous précisons ci-après les règles utilisés pour identifier un but, un indice, une connaissance de référence et une règle d'action et nous les exemplifions par des extraits de corpus.

- ***Le but (BU)***

Un but est identifié par des connecteurs de but (ex : pour, afin que, en vue de) par des formules ou des verbes exprimant une intention ou une nécessité et par un verbe à l'infinitif assorti d'une règle d'action. En cas d'absence d'un but explicite dans le corpus recueilli, nous l'inférons à partir du repère mentionné par le professeur dans sa MRD comme guidant son activité et de la description qu'il en donne dans sa MRG. Nous présentons et illustrons dans le Tableau 26 l'ensemble des marques que nous retenons pour repérer un but.

Marques de but	Extraits de corpus permettant de repérer un but	But inféré par le chercheur
Des connecteurs de but (pour, afin, en vue, de façon à…)	« **pour** donner du sens à notre problème »	Donner du sens au problème
Un verbe à l'infinitif assorti d'une règle d'action	« la **reconduire** en l'adaptant à des 6e »	Reconduire la séance de l'année précédente
Une formule exprimant une intention, une nécessité (ex : l'idée est que, il s'agit de)	**« L'idée (…) est que** d'abord, les élèves ont quelque chose à chercher **»**	Engager les élèves dans une phase de recherche.
	« Il s'agit de favoriser l'entrée dans le problème »	Favoriser l'entrée dans le problème
Un verbe exprimant une intention, une nécessité (ex : vouloir, souhaiter, demander, falloir)	« Nous (…) **attendons** (…) juste des idées sur (…) »	Amener les élèves à avoir des idées pour (…)
	« Il faudra d'abord remotiver les élèves »	Remotiver les élèves
Le titre ou/et la description du repère	**Titre du repère** : « Les objectifs pédagogiques - Le programme »	Rechercher les objectifs pédagogiques dans le programme
	Titre du repère : « Les prérequis » **Description du repère** : Ils sont liés aux objectifs d'apprentissage. Que savent les élèves sur la notion mise en jeu dans la séance ? Ont-ils tous les outils nécessaires à l'élaboration de la conjecture et à sa mise à l'épreuve ?	Identifier les connaissances des élèves sur l'objectif de la séance et sur les procédures permettant de conjecturer

Tableau 26 : Marques d'identification des buts d'un SP exemplifiées à partir d'extraits du corpus

- ***L'indice (IN) :***

Nous avons identifié deux types d'indices selon leur disponibilité dans la situation de travail du professeur : les indices présents dans la situation de travail, les indices qui sont des prévisions (§ 3.3.2).

Les premiers sont identifiés par des *marques d'origine* Elles sont repérées par des formules du type : l'idée vient de, trouvé dans, c'est dans, c'est dans le contexte de. Les indices relatifs au contexte de la situation de travail sont identifiés par des *marques de temps* et de *lieux.* Les marques de temps sont repérées par des adverbes ou des locutions adverbiales de temps (ex : à un moment, d'abord, du coup, quand) ou encore pas des verbes permettant au professeur de se situer dans le décours de sa préparation. Les marques de lieu sont repérées par des adverbes ou des locutions adverbiales de lieu (ex : là, ici) ou par la désignation d'un lieu ou d'une organisation spatiale.

Les seconds sont identifiés par une *marque de condition* ou par une *marque d'anticipation.* La première est repérée par les conjonctions si, sinon, alors, la seconde par un questionnement du professeur sur les effets de ses choix et de ses productions lors de la mise en jeu en classe ou encore par des formules du type : je m'attends à, ça va être, ça risque d'être, je pense que, j'imagine que.

Les marques de *temps*, de *lieu*, *d'origine*, de *condition* et *d'anticipation* qui permettent d'identifier les différents types d'indices sont illustrées par des extraits de corpus dans le Tableau 27.

Marque permettant de repérer un indice	Extraits de corpus permettant de repérer un indice
Indices prélevés dans la situation de travail	
Marque de temps Adverbes ou locutions adverbiales de temps comme à un moment, d'abord, du coup, quand ou verbe situant le décours de la préparation.	• **A un moment**, j'ai pensé à cette activité que j'avais déjà faite sur le calcul littéral. • La séance **approchait**
Marque de lieu (adverbes ou des locutions adverbiales de lieu, lieu ou organisation spatiale)	• **Là** on est constamment disposé en groupe • **ma salle** elle est tout le temps comme cela
Marque d'origine Formules du type : l'idée vient de, trouvé dans, c'est dans.	• **L'idée** du problème sans question **vient** plus **de** Mathilde. • j'ai **trouvé** cela **dans** la séance de Fiana
Indices relevant d'une prévision	
Une marque de condition Conjonctions si, sinon, alors	• **si** on est passé un peu vite • **sinon** cela aurait donné 8, 12 et 16
Une marque d'anticipation - Formules du type : je m'attends à, ça va être, ça risque d'être, je pense que, j'imagine que. - Questionnement du professeur sur la mise en jeu en classe.	• **Nous pensons** jouer sur la curiosité avec le problème sans question. • ***A priori*, je pense** qu'il n'y a pas grand-chose à dire. • **Comment** ils vont se mettre au travail **?**

Tableau 27 : Marques d'identification des indices d'un savoir-processus exemplifiées à partir d'extraits du corpus.

- ***Les connaissances de référence (CR)***

Nous identifions les connaissances de référence par l'expression de justifications, de constats pouvant être liés à une situation de classe passée ou encore de points de vue personnels relevant d'une conviction ou d'un jugement. Les justifications sont introduites par des connecteurs de cause (ex : car, parce que, comme) ou par des formules comme « l'idée était que », « c'est que ». Les constats sont introduits par des formules du type « j'ai découvert que », « je sais que », « c'est », « j'ai trouvé que » ou/et possède des adverbes qui font référence à une expérience passée (ex : déjà) ou à une récurrence (ex : souvent, toujours). Les points de vue personnels sont repérés par un pronom ou un adverbe désignant le professeur (ex : moi, je, personnellement), un verbe ou expression exprimant une opinion (ex : croire, penser, estimer, être sûr de) ou un auxiliaire modal (ex : pouvoir, devoir, falloir). Justifications, constats et points de vue peuvent encore être identifiés par des adverbes qui montrent le degré d'adhésion du professeur (ex : probablement, certainement, peut-être), le degré d'intensité de l'idée exprimée (ex : trop, pas assez), des adjectifs évaluatifs (ex : débile, difficile).

Les marques de *justification*, de *constat* et de *point de vue* permettant d'identifier les connaissances de référence sont illustrées par des extraits de corpus dans le Tableau 28.

Formulation des connaissances de référence	Marques permettant de repérer une connaissance de référence	Extraits de corpus permettant de repérer une connaissance de référence
Justification	Connecteurs de cause (ex : car, parce que, comme)	**car** (…) ça ressemblait trop au sketch de Gade Elmaleh (…) c'était **un peu débile**
	Formules du type : l'idée était que, c'est que, pour dire que.	**L'idée principale était qu**'à partir d'exemples "petits", on pouvait, grâce aux lettres, généraliser et établir une formule
Constat	Adverbe indiquant une fréquence (ex : déjà, souvent, toujours).	Le calcul littéral pose **souvent** problème aux élèves. Ils sont **toujours** déstabilisés par cette idée (quand ils la comprennent) qu'une lettre remplace n'importe quel nombre
	Formule du type : je sais que, j'ai découvert que, c'est, j'ai trouvé que.	un scénario (…) **c'est** une sorte de mise en scène (…) **c'est** des étapes dans l'activité
Point de vue	Pronom (moi, je) ou adverbe désignant le professeur (personnellement)	**Pour moi** la conjecture, c'est essentiellement en géométrie
	Verbe d'opinion (ex : penser, espérer, estimer, croire).	je **pense**, **j'espère** que les élèves apprennent de par le contenu et par la forme
	Auxiliaire modal (ex : pouvoir, devoir, falloir).	des attitudes ou des phrases (…), on **pouvait** l'improviser mais éventuellement ça ne suffisait pas

Tableau 28 : Marques d'identification des connaissances de référence d'un savoir-processus exemplifiées à partir d'extraits du corpus.

- ***Les règles d'action (RA)***

Les règles d'action sont identifiées soit à partir des descriptions, narrations et explicitations du travail de préparation dans la MRD et dans l'entretien d'explicitation, soit à partir des autres ressources produites.

Dans les propos du professeur, les règles d'action sont repérées par un verbe d'action dont il est le sujet. Ce verbe est conjugué au présent ou au passé lorsqu'il raconte son action (« on a fermé un tout petit peu le problème »), au futur lorsqu'il s'agit d'anticiper une règle d'action qui sera à appliquer en classe (ex : « Il faudra d'abord remotiver les élèves »). Il peut également être à l'infinitif lorsque le professeur liste les tâches qu'il s'est prescrit durant sa préparation (ex : « proposer un problème sans question »). Le verbe peut encore être introduit par un verbe modal qui introduit un choix (« je décide donc d'utiliser ce problème comme simple problème de recherche», « Je souhaite conserver l'idée du problème sans question »).

Les ressources sont le produit des règles d'action adoptées par le professeur. Inférer une règle d'action à partir d'une ressource, c'est retrouver la stratégie d'action pratique qui a conduit à sa production. Pour cela il est nécessaire d'identifier le bon *grain de la ressource*, c'est-à-dire le constituant de la ressource fille qui permet d'isoler la règle d'action recherchée. La mise en correspondance du but et de la règle d'action contribue à délimiter le grain de la ressource. Des exemples de règles d'action inférées à partir de ressources sont proposés dans le Tableau 29.

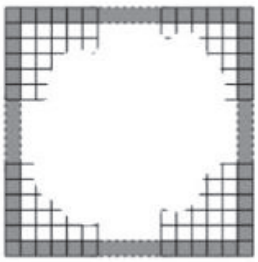
Buts des savoirs-processus	Ressources produites	Nature de la ressource	Règles d'action inférées
Repérer les objectifs d'apprentissage lié au calcul littéral.	Dans le programme de cinquième (…), le calcul littéral est une petite partie. C'est le tout début. (…). Le calcul littéral est un domaine des mathématiques très transversal au collège : il est repris chaque année avec des exigences en plus. Le début se déroule en cinquième.	Analyse du programme	Situer le calcul littéral dans les textes du programme du niveau 5e et dans celui du collège
Eviter que les élèves soient déstabilisés par une situation de recherche	"Prenez deux minutes pour y penser" "Alors ?" "Vous en êtes où ?" "Qu'en pensez-vous ?" "Qu'est-ce que ça raconte ?"	Liste de questions anticipées	Anticiper et rédiger des questions pouvant aider les élèves à comprendre la situation de recherche.
Amener les élèves à proposer une méthode pour passer du nombre de carreaux sur le contour d'un carré au nombre de carreaux sur le côté et non à effectuer un calcul		Figure	Proposer une figure qui renforce l'idée qu'il n'est pas possible de dénombrer les carreaux sur le côté du carré.

Tableau 29 : Exemples de règles d'action inférées à partir des ressources produites par un professeur.

Pour repérer une règle d'action à partir d'une ressource nous avons fait appel au but du savoir-processus. D'une façon générale les différents éléments d'un savoir-processus sont intrinsèquement liés : indice et règle d'action sont déterminés par le but fixé et les règles d'action dépendent également des connaissances de référence. Cette caractéristique implique deux autres règles à prendre en compte de façon systématique pour identifier un savoir-processus :

- de s'assurer de la cohérence entre les différents éléments d'un même savoir-processus, par exemple les règles d'action répondent-elles au but du professeur ?
- d'identifier le corpus utilisé pour identifier un savoir-processus dans une même unité qui est celle du repère indiqué par le professeur comme guidant son activité.

Aussi, pour repérer le but, l'indice, les connaissances de référence et les règles d'action d'un même savoir-processus nous utilisons tout ce qu'un professeur exprime et produit autour d'un même repère mentionné dans sa MRD.

5.4.2.2. Analyse des évolutions des savoirs-processus

L'analyse des évolutions des savoirs-processus repose sur la recherche de ce qui confère à un savoir-processus un caractère de nouveauté, sur la variation du sens du WP_{HC} accordé par ces nouveautés et sur les effets du collectif sur ces évolutions.

- ***Analyse de la nouveauté d'un savoir-processus***

Nous apprécions la nouveauté des savoirs-processus de deux façons différentes selon qu'il s'agisse d'un savoir-processus mobilisé au début de la recherche ou en cours de recherche.

En début de recherche, les professeurs s'engagent dans un WP_{HC} le quatrième mois, après avoir produit une MRG et participé à quatre focus groups. Ces premières réflexions et cette première production de métaressources sont donc susceptibles d'avoir favorisé des conceptualisations. Pour mettre en évidence les premières évolutions qui leur sont associées, nous repérons les savoirs-processus *émergents*. Grangeat (2011a) utilise le qualificatif d'*émergent* pour désigner un savoir-processus incomplet, nous l'élargissons pour désigner les savoirs-processus qui possèdent au moins l'une des caractéristiques suivantes : être *incomplet*, manifester un *caractère de nouveauté* ou être *non stabilisé*.

Un savoir-processus est *incomplet* s'il lui manque le but, l'indice ou/et la connaissance de référence. Il présente un *caractère de nouveauté* s'il est orienté par un nouveau but ou/et s'il s'appuie sur de nouveaux indices, nouvelles connaissances de référence ou/et mobilise de nouvelles règles d'action. Le caractère « nouveau » des éléments constitutifs des savoirs-processus peut être exprimé par le professeur lorsqu'il décrit ou explicite son travail de préparation ou être inféré par le chercheur à partir de formulations utilisées (ex : j'ai découvert que) ou du croisement de différentes informations (ex : utilisation du texte du programme alors que le professeur exprime dans le questionnaire initial ne jamais l'utiliser). Concernant les indices, si ceux-ci sont issus du collectif, de ses membres ou de son activité, nous considérons qu'il s'agit d'un nouvel indice. Un savoir-processus est *non stabilisé* lorsque certains de ses éléments sont modifiés plusieurs fois dans des sens opposés au cours d'une même préparation ou qu'ils présentent des incohérences (ex : le but est de faire élaborer des conjectures dans le domaine de l'algèbre alors que la connaissance de référence retient la géométrie comme domaine mathématique permettant aux élèves de conjecturer).

En cours de recherche, des évolutions des savoirs-processus qui guident la conception d'une même situation d'enseignement sont repérées par comparaison entre deux moments différents : entre les années 2013 et 2014, mais également - pour essayer de mieux saisir les processus d'évolution - entre différents moments de la préparation lorsqu'il est possible de les repérer. Les modifications peuvent concerner le remplacement d'un but, d'un indice, d'une règle d'action ou d'une connaissance de référence. Elles peuvent encore correspondre à l'apparition, la diversification ou la disparition d'un ou plusieurs de ces éléments constitutifs. Quelle que soit la façon de repérer les nouveaux caractères d'un savoir-processus, nous considérons que s'il possède un nouveau but, il guide une nouvelle action et correspond donc à un nouveau savoir-processus ; si les modifications concernent les autres éléments il s'agit d'une évolution d'un même savoir-processus.

- ***Analyse des évolutions du sens des actions guidées par les savoirs-processus***

Nous recherchons les liens entre les modifications constatées et les variations du sens des actions guidées par les savoirs-processus. Nous analysons les savoirs-processus qui guident l'activité en 2013

et 2014 en appui sur la *modélisation de la tâche experte contextualisée* aux savoirs en jeu dans la situation préparée (§ 4.3), pour repérer en quoi ils caractérisent la *référence* du WP_{HC}, ou/et en quoi ils lui attribuent une *signification,* ou/et en quoi ils contribuent à sa *manifestation*. Nous désignons le savoir-processus par une expression qui traduit l'action qu'il soutient du point de vue de la problématisation (ex : « Savoir amener les élèves à conjecturer »).

- ***Analyse de l'effet du collectif sur les évolutions des savoirs-processus***

Nous recherchons les effets du collectif sur les évolutions repérées des savoirs-processus. Pour cela nous recherchons des concordances entre les interactions qui ont lieu entre les membres du collectif et des évolutions des savoirs-processus qui guident les actions concernées par ces interactions. Les interactions sont repérées par le chercheur dans les fils de discussion de la MRD ou dans les grilles d'analyse des observateurs, ou/et sont pointées par le professeur dans l'entretien pré-séance comme ayant une incidence sur sa préparation.

5.4.3. Analyse du modèle opératif et de ses évolutions

L'analyse des évolutions d'un modèle opératif est envisagée du point de vue de l'évolution de son organisation, de la consolidation de ses savoirs processus et du sens conféré au WP_{HC}. D'autre part nous recherchons les effets du collectif sur ces évolutions.

- ***Evolution de l'organisation des savoisr-processus***

Le modèle opératif est une modélisation du réseau des savoirs-processus qui orientent l'activité (§ 3.3.1.2). Identifier son *organisation* consiste à établir les liens qui existent entre les savoirs-processus à partir de l'analyse des buts. Nous repérons les buts généraux ou *dimensions critiques* à partir des repères que le professeur indique dans la MRD comme guidant sa préparation. Nous recherchons ensuite les liens qui existent entre les savoirs-processus identifiés à partir d'un même repère. Nous distinguons deux types de liens : des liens de *congruence* et des *liens hiérarchiques*. Les liens sont congruents lorsque les savoir-processus guident des actions qui se complètent pour atteindre un même but plus général. Ils sont hiérarchiques lorsqu'un savoir-processus (guidé par un but) est inféodé à un autre savoir-processus (guidé par un sous-but) qui permet de préciser l'action, de l'instancier ou/et de la rendre plus opératoire en guidant la production de ressources.

- ***Consolidation du modèle opératif***

Faisant l'hypothèse que le nombre de savoirs-processus permet de préciser l'activité, nous apprécions la consolidation du modèle opératif à partir de l'augmentation du nombre de ses savoirs-processus.et de leur consolidation. Nous désignons par *consolidation* d'un savoir-processus le passage d'un savoir-processus *émergent* (§ 5.4.2.2) à un savoir-processus *consolidé*, c'est-à-dire un

savoir-processus qui ne présente plus de marqueur de *nouveauté,* d'*instabilité* ou qui possède les quatre éléments constitutifs (BU, IN, CR, RA).

- ***Evolution du sens conféré au WP_{HC}***

Nous recherchons des évolutions du travail de préparation qui contribuent à caractériser la référence d'un WP_{HC}, à lui attribuer une signification et à soutenir sa manifestation à partir de la modélisation de la tâche experte contextualisée (§ 4.3).

- ***Effets du collectif sur des évolutions du modèle opératif***

L'analyse des effets du collectif sur des évolutions du modèle opératif porte sur trois axes complémentaires. Premièrement nous recherchons si le collectif oriente davantage certains éléments constitutifs des savoirs-processus. Nous recherchons pour cela les nouveaux buts, indices, règles d'action et connaissance de référence qui sont orientés par les différents membres du collectif. Deuxièmement, nous analysons en quoi les différents membres du collectif renforcent ou affaiblissent le sens du WP_{HC}. Troisièmement, nous analysons quelles sont les différences d'effet des interactions disciplinaires et codisciplinaires sur les évolutions repérées du modèle opératif.

5.5. Conclusion sur la méthodologie

- ***Une ingénierie d'investigation réflexive***

Nous avons développé une méthodologie adaptée à notre recherche, une *ingénierie d'investigation réflexive* (§5.1), pour étudier des effets d'une production codisciplinaire de métaressources (une activité non ordinaire), sur le modèle opératif qui oriente un WP_{HC} (des connaissances professionnelles spécifiques). Pour faciliter l'activité professionnelle étudiée et pouvoir mettre en évidence et analyser les phénomènes didactiques recherchés, nous avons construit une *phénoménotechnique didactique* ou *réalisation* (§ 5.2). Celle-ci vise à recueillir dans la durée, au plus près de l'activité des professeurs, les données qui sont issues de leurs interactions avec leurs ressources de façon à inférer le modèle opératif qui oriente leur activité. Pour cela, les professeurs, acteurs de la réalisation, sont impliqués dans le recueil de ces données à partir d'un *suivi réflexif* et d'un ensemble d'outils méthodologiques reposant sur un principe de *conception dans l'usage.* L'engagement des professeurs dans ce qu'ils sont censés réaliser est donc essentiel. L'originalité principale de notre méthodologie est de prendre en compte la participation effective des professeurs à la recherche (§ 5.3). Celle-ci repose sur la caractérisation de la *participation* conceptualisée par Zask (2011) et sur la proposition d'un ensemble de principes et d'outils méthodologiques pour la soutenir, l'attester et la réguler.

- ***Identifier les savoirs-processus à partir des ressources***

Pour identifier les éléments constitutifs d'un savoir-processus et pour reconstruire le modèle opératif qui oriente un travail de préparation, nous avons adapté la méthodologie proposée par Grangeat (2011a) en accordant une place prépondérante aux ressources qui entrent en jeu dans un travail de préparation et à l'empan temporel existant entre le temps de la préparation et celui de la mise en œuvre en classe (§ 5.4).

- ***Analyser le sens de l'activité orientée par un modèle opératif***

Nous apprécions des évolutions du modèle opératif qui oriente un WP_{HC} à partir du *sens* de la *problématisation* qu'il confère aux tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Nous nous appuyons pour cela sur le cadre d'analyse et sur les outils d'analyse que nous avons développés à partir d'une triple approche ergonomique, didactique et épistémologique (§ 0)

6. Analyse des genèses documentaires au sein du collectif

Cette section a pour objectif d'analyser en quoi les professeurs *participent* (§ 5.1.3.4) à la réalisation (§ 6.1) et en quoi la production de ressources au cours d'un WP_{HC} relève de genèses documentaires codisciplinaires (§ 6.2).

6.1. Analyse de la participation des professeurs

Nous présentons l'analyse des données qui permettent d'apprécier en quoi les professeurs prennent part à la réalisation (§ 6.1.1), y contribuent (§ 6.1.2), en bénéficient (§ 6.1.3) avant de conclure sur leur participation effective à la réalisation. (§ 6.1.4).

6.1.1. Des professeurs qui prennent part à la réalisation

Les professeurs qui se sont engagés dans la recherche étaient des *volontaires éclairés* (§5.2.1.2). Tous ont exprimé, dans le questionnaire initial, une motivation qui révèle une bonne adéquation entre l'objet de la recherche et leurs préoccupations (Tableau 30). Leurs intérêts s'expriment autour de quatre axes : l'approche interdisciplinaire, les démarches engageant les élèves dans des recherches, une réflexion sur les pratiques et sur la discipline, l'amélioration des pratiques.

Professeurs	**Réponses à la question : « Quelles sont les motivations qui vous ont poussé à vous engager dans ce projet ? Qu'en attendez-vous ? »**	**Analyse des Intérêts déclarés par les professeurs**
Mathilde	J'ai envie de voir les élèves en situation de recherche, de les voir se poser une question et envie d'y répondre. (…). J'espère, à travers cette démarche, trouver des supports intéressants à l'utilité des notions que je veux aborder.	Les démarches mettant les élèves en recherche Améliorer les pratiques
Mathieu	Le travail interdisciplinaire, les échanges avec d'autres sciences, le travail de recherche sont mes motivations. Je souhaite réfléchir à l'adaptation de la démarche d'investigation en mathématiques.	L'approche interdisciplinaire Les démarches mettant les élèves en recherche Une réflexion sur les démarches dans la discipline
Fiana	La curiosité et l'envie de revenir vers une réflexion sur ma matière (les sciences) après avoir fait des études dans d'autres domaines ces dernières années.	Une réflexion sur la discipline enseignée
Filomène	Mieux appréhender la notion d'hypothèse qui est la base des démarches scientifiques (comment la faire formuler aux élèves? Que faut-il mettre en place pour faciliter sa formulation ?) - Créer du lien entre les disciplines scientifiques.	L'approche interdisciplinaire Les démarches mettant les élèves en recherche Une réflexion sur les démarches
Billy	Mes motivations sont d'utiliser ce projet pour constituer un lien fort entre les équipes de sciences, de nous inciter à s'investir dans une démarche collective et de poursuivre mon travail sur les démarches d'investigation que j'ai entrepris ces dernières années dans les différents établissements dans lesquels j'ai enseigné.	L'approche interdisciplinaire Les démarches mettant les élèves en recherche Améliorer les pratiques

Tableau 30 : Motivations des professeurs à s'engager dans la recherche.

Par ailleurs, au cours des différents moments dans lesquels nous avons été engagée ou simplement témoin (temps collectifs, fils de discussion, messagerie), nous n'avons pas identifié de manifestation

d'hostilité ou de hiérarchie entre les membres du collectif ou entre les membres du collectif et le chercheur. Les réponses au questionnaire de régulation permettent d'objectiver ce ressenti. Le Tableau 31 indique les réponses à la question « Un collectif constitué des trois disciplines : décrivez en quoi cela a-t-il pu être pour vous une source de richesse, décrivez en quoi cela a-t-il pu être pour vous une source de difficulté. Si les réponses révèlent certaines difficultés (« La transposition de nos attentes dans nos matières respectives a parfois été compliquée », « Le vocabulaire propre à chacune des disciplines », « Il me manquait une vue d'ensemble des autres matières »), elles mettent en évidence un intérêt unanime pour un collectif codisciplinaire (« prendre du recul » et « créer du lien » (Mathilde), « mise à distance intéressante » (Fiana), « très enrichissant dans la diversité de propositions et dans la multiplicité des stratégies » (Billy), « Le regard d'une autre discipline sur la sienne est très riche » (Mathieu)). Des réponses de Fiana, Mathieu et Billy à des questions qui ne portent pas directement sur le travail collectif codisciplinaire soulignent également l'intérêt des professeurs pour cette forme de travail ; les réponses de Fiana expriment de façon assez explicite le rôle de la codisciplinarité pour approfondir la réflexion sur la discipline enseignée :

> Question : « Ce que la participation au projet vous a apporté sur le plan personnel »
>
> « Cette réflexion m'a fait redécouvrir ma matière et me donne envie d'aller voir du côté de l'épistémologie » (Fiana, questionnaire de régulation juin 2013)
>
> Question : « Décrivez en quoi ces éléments du dispositif ont contribué à votre réflexion ou/et à l'élaboration de votre travail de préparation »
>
> « Que cela soient les repères ou les réponses à faire au collègue, cela m'a poussée à comprendre ma pratique comme « mon choix de professeur » et que cela ne va pas de soi » (Fiana, questionnaire de régulation, juin 2013)
>
> « Ils obligent à expliquer aux autres des pratiques qui, sinon, restent sur un « plan intuitif » quand on est seul à les penser. » (Fiana, questionnaire de régulation, juin 2014)

Les mots ou expressions mobilisés dans les réponses sur le ressenti lié au fonctionnement du collectif en 2013 et 2014 expriment une forme de respect mutuel, on trouve en effet les termes ou expressions : « équitablement », « homogène au moment des débats », « confronter et mutualiser », « bienveillant », « grande liberté d'opinion », « une écoute sincère », « très respectueuse », « librement », « part égale » (Tableau 32).

Les réponses de Fiana et Mathilde révèlent cependant un moment de discorde entre Billy et les autres professeurs en 2013 dont nous avons été témoin. Billy a manifesté une difficulté à se remettre en question lorsqu'il a soumis sa MRD au collectif la première année. Fiana exprime à ce propos « sur la présentation d'une séance j'ai trouvé que Billy était beaucoup sur la défensive » et Mathilde « Je pense que Billy s'est senti un peu attaqué par des remarques que l'on a pu faire. ». Au cours de l'entretien pré-séance qui a suivi ces interactions, nous avons interrogé Billy sur son ressenti, celui-ci a exprimé ne pas s'être senti attaqué. Finalement, ce moment de discorde ne semble pas avoir

cristallisé d'hostilité entre les professeurs et ne semble pas avoir porté atteinte à la reconnaissance de Billy, en tant que professeur de SVT, au sein du collectif par la suite. En effet, Fiana exprime à propos de la participation de Billy en fin de recherche : « un peu de désinvolture qui au départ me surprenait et (m'agaçait), mais maintenant j'arrive à mieux le suivre dans ces raisonnements » et Billy souligne « Nous avons travaillé de manière très respectueuse au sein de l'équipe. ».

Ces résultats mettent en évidence la possibilité d'un *travail collectif codisciplinaire* entre des professeurs de mathématiques, SVT et SPC, qui induit une posture réflexive, favorise une confrontation de point de vue sur l'épistémologie des disciplines et induit une relation d'égalité entre les disciplines. Lorsque des freins se manifestent, ils semblent davantage relever du manque de respect du contrat initial du collectif que de la spécialité disciplinaire.

Nous avons également ressenti tout au long de la recherche une reconnaissance mutuelle entre les professeurs et le chercheur. Cette appréciation subjective est confirmée par les réponses des professeurs à la question « Décrivez, de votre point de vue, les apports du chercheur dans le projet » du questionnaire de régulation en 2013 et en 2014 (Tableau 21). Les réponses auraient pu être l'occasion d'exprimer des dysfonctionnements dans les relations entre professeurs et chercheur, or les professeurs n'expriment rien de ce type, leur propos mettent en évidence une reconnaissance de la posture accompagnatrice et compréhensive du chercheur qui peut être illustrée par la réponse de Billy :

> « Elle nous a beaucoup apporté dans ce projet en étant à l'écoute et en nous apportant une structuration capitale dans l'élaboration de la progression de celui-ci. ». (Billy, questionnaire de régulation, 2013)

	Un collectif constitué de trois disciplines scientifiques	
	Décrivez en quoi cela a pu être pour vous une source de richesse	**Décrivez en quoi cela a pu être pour vous une source de difficulté**
Mathieu	Le regard d'une autre discipline sur la sienne est très riche car chacun fait avec ses souvenirs et l'on peut se permettre d'être plus critique avec une matière qui n'est pas la nôtre	La transposition de nos attentes dans nos matières respectives a parfois été compliquée. L'interprétation des programmes (et leur connaissance ou méconnaissance).
Mathilde	Pour prendre du recul et créer du lien entre nos matières	La difficulté principale a été de concevoir ensemble un vocabulaire commun à nos 3 disciplines.
Fiana	voir les façon de faire d'autres professeurs mais, dans cette remarque, ce n'est pas tant la matière différente qui m'intéresse que le fait que ça soit un autre prof --> mise à distance intéressante. Ma posture qui a changé quand même en voyant nos différences, j'admets plus facilement quand un élève me dit qu'il est perdu.	Il me manquait une vue d'ensemble des autres matières et donc c'est difficile de comprendre où va le professeur et pourquoi ?
Billy	très enrichissant dans la diversité de propositions et dans la multiplicité des stratégies présentées qui sont pour moi une vraie ressource	Le vocabulaire propre à chacune des disciplines: exemple: conditions vérifiables en SVT, le "si...alors" qui n'a pas le même sens en maths et en physique...

Tableau 31 : Réponses des professeurs sur la richesse et les difficultés à participer à un collectif codisciplinaire (questionnaire de régulation 2014).

	Décrivez l'organisation du groupe tel que vous l'avez ressenti	
	Juin 2013	**Juin 2014**
Mathieu	Chacun a pu s'exprimer équitablement sur sa discipline ou sur les autres.	Il me semble que le groupe a continué à fonctionner comme l'année dernière
Mathilde	j'ai bien apprécié que Mathieu s'engage avec moi dans ce projet car je me suis sentie peut-être moins exposée que si j'avais dû faire une proposition seule. je pense que Billy s'est senti un peu attaqué par des remarques que l'on a pu faire, mais peut-être parce qu'il n'est pas parti du principe qu'il voulait apprendre quelque chose de ce projet. J'ai bien aimé travaillé avec Fiana pour ses apports pédagogiques et ses réflexions sur les accroches.	J'ai eu l'impression d'être plus un groupe de 3 que de 4. J'ai moins échangé avec le collègue de SVT. Beaucoup d'échanges avec la collègue de physique.
Fiana	j'ai trouvé que le groupe des enseignants assez homogène au moment des débats dans les réunions, par contre sur la présentation d'une séance j'ai trouvé que Billy était beaucoup sur la défensive.	D'une manière générale le groupe est bienveillant sans se forcer. j'ai ressenti une grande liberté d'opinion et une écoute sincère. Une participation un peu en retrait de la part de Billy par moment ou avec un peu de désinvolture qui au départ me surprenait et (m'agaçait) mais maintenant j'arrive à mieux le suivre dans ces raisonnements. de vrais débats engagés avec les collègues de maths même si j'ai eu du mal à les suivre dans leur raisonnement Un ressenti pour moi en demi-teinte car je constate que je ne suis pas arrivée à rentrer dans les repères des autres collègues et que je suis trop butée sur ma façon de faire : bref un vrai travail sur moi en ce qui me concerne !
Filomène	Mathilde, Mathieu, Fiana et Billy ont eu, pour ma part, des rôles équivalents. Ils ont tous dans leur discipline réfléchit aux moyens de faire émerger une hypothèse ou une conjecture. Le chercheur a été « le chef d'orchestre » du groupe. Pour ma part, j'ai plutôt été observatrice des différentes méthodes utilisées ou imaginées et j'ai essayé de donner mon avis aussi bien sur la construction de la séance que sur la séance en elle-même.	
Billy	Chacun a amené une part de son expérience ce qui a permis de confronter et mutualiser une diversité de ressources très intéressante.	Nous avons travaillé de manière très respectueuse au sein de l'équipe. Chacun a pu s'exprimer librement et il m'apparait que nous avons contribué à part égale dans l'avancée de ce projet.

Tableau 32 : Réponses des professeurs sur leur ressenti lié au fonctionnement du collectif (questionnaire de régulation 2013 et 2014)

Les professeurs sont donc *volontaires* pour participer à la recherche, ils sont *motivés* pour l'objet de travail du collectif et reconnaissent à *égalité* les différents acteurs impliqués (professeurs des autres disciplines et chercheur). Ces conditions sont favorables pour que les professeurs puissent *prendre part* à un *travail collectif codisciplinaire*. Elles expliquent que Mathieu, Mathilde, Fiana et Billy aient respecté le contrat de recherche : ils ont produit des métaressources (MRD et MRG), ont été présents à tous les temps collectifs, ont interagi à distance et participé à des observations croisées.

Filomène a pris part sur la base du contrat personnalisé que nous avions établi :

« Pour ma part, j'ai plutôt été observatrice des différentes méthodes utilisées ou imaginées et j'ai essayé de donner mon avis aussi bien sur la construction de la séance que sur la séance en elle-même » (Filomène, questionnaire de régulation 2013).

6.1.2. Des professeurs qui contribuent

Dès l'introduction des différents outils méthodologiques de la réalisation, tous les professeurs ont fait le choix de partager, entre eux et avec le chercheur, tous les dossiers de l'espace numérique de travail. Ce choix a été réaffirmé à plusieurs moments au cours de la recherche. Il est une première manifestation d'une contribution au collectif. L'analyse des contributions effectuées sous forme de commentaires dans toutes les MRD produites par les professeurs (annexe 2), et le dénombrement des grilles d'analyse rédigées par les observateurs à l'issue d'une observation croisée, permettent de préciser les *contributions* (§ 5.3.3) effectuées entre les professeurs.

- ***Résultats***

Nous indiquons dans le Tableau 33 le nombre de contributions de type A, B et C (§ 5.3.3.2) effectuées par chaque professeur dans l'ensemble des MRD qui lui sont soumises, ainsi que le pourcentage qu'ils représentent. Nous indiquons également ces indicateurs pour l'ensemble du collectif. Au cours des deux années d'expérimentation, tous les professeurs n'ont pas eu l'opportunité de réagir sur le même nombre de MRD. Filomène n'a pas produit de MRD et n'a pas participé à la recherche la deuxième année, Mathilde et Mathieu ont produit une MRD commune la première année et Fiana n'a pas soumis une de ces MRD au collectif la deuxième année. Le nombre total de MRD que chaque professeur a pu commenter varie entre 8 et 10 (9 en moyenne au sein du collectif), il est répertorié dans le Tableau 34. Nous complétons à partir de ces données le Tableau 33 par le nombre moyen de contributions par MRD réalisées par chaque professeur en différenciant le type de contribution.

	Contributions effectuées											
	type A			**type B**			**type C**			**Total (A + B + C)**		
	nombre	**moyenne**	**%**	**nombre**	**moyenne**	**%**	**nombre**	**moyenne**	**%**	**nombre**	**moyenne**	**%**
Mathieu	14	1,6	74 %	5	0,6	26 %	0	0	0%	19	2,1	100 %
Mathilde	10	1,1	43 %	12	1,3	52 %	1	0,1	5%	23	2,6	100 %
Fiana	33	3,3	70 %	13	1,3	28 %	1	0,1	2%	47	4,7	100 %
Billy	11	1,2	64 %	3	0,3	18 %	3	0,3	18 %	17	1,9	100 %
Filomène	13	1,6	72 %	5	0,6	28 %	0	0	0%	18	2,3	100 %
Collectif	81	9	65 %	38	4,2	31 %	5	0,6	4%	124	13,6	100 %

Tableau 33 : Contributions de type A, B et C dans l'ensemble des MRD commentées.

Concepteur / Contributeurs	Mathieu	Mathilde	Fiana	Billy	Total
Mathieu		2	3	4	9
Mathilde	2		3	4	9
Fiana	3	3		4	10
Billy	3	3	3		9
Filomène	2	2	2	2	8

Tableau 34 : Nombre de MRD que chaque enseignant a pu commenter.

- ***Des contributions importantes mais inégales***

Les contributions effectuées dans les métaressources disciplinaires à l'échelle du collectif sont nombreuses : 124 commentaires, soit 13,6 commentaires par MRD ont été introduits dans les MRD soumises au sein du collectif (Tableau 33). Les 2/3 sont des contributions de type A, les contributions de type C étant marginales (4%). Ces résultats démontrent que, à l'échelle du collectif, les professeurs contribuent ; cependant les fréquences de leurs contributions sont très différentes. Fiana contribue près de deux fois plus que les autres professeurs (4,7 contributions moyennes par MRD contre 1,9 à 2,6 pour les autres professeurs), Billy est celui qui contribue le moins. Nous mettons ce résultat en lien avec les pratiques collectives de ces deux professeurs : si Fiana a déjà eu l'occasion de soumettre ses ressources et de réagir sur les productions d'autres professeurs dans le groupe de mutualisation auquel elle appartient, Billy n'a encore jamais participé à de tels groupes de travail (§5.2.2.3). Concernant la nature des contributions de chacun, près de ¾ des contributions de Fiana, Mathieu et Filomène sont des contributions de type A ; Mathilde est celle qui effectue le plus fort taux de contribution sans effet repéré sur le concepteur (52% contre 18 à 28%) et Billy a le plus fort taux de contribution de type A (18% contre 0 à 5%). On peut faire une corrélation entre le degré d'expertise dans l'enseignement et le type des contributions apportées.

- ***Des facteurs influençant les contributions***

Le Tableau 35 indique entre quels professeurs se font les contributions et permet d'analyser l'influence des disciplines entre contributeurs. Les professeurs de mathématiques commentent davantage leurs MRD respectives que celles des professeurs de sciences expérimentales (Mathieu : 4,5 contributions en moyenne par MRD de Mathilde contre 2,7 et 0,5 par MRD de Fiana et Billy ; Mathilde : 7 contributions en moyenne par MRD de Mathieu contre 2 et 0,6 par MRD de Fiana et Billy). Filomène commente davantage les MRD des professeurs de sciences expérimentales que celles des professeurs de mathématiques (Filomène : 2,3 et 2,5 contributions en moyenne par MRD de Fiana et de Billy contre 1,5 pour Mathilde et Mathieu). Cependant, ce rapprochement entre les

sciences expérimentales n'est pas observé chez Fiana qui commente davantage les MRD des collègues de mathématiques que celles de son collègue de SVT (6,7 et 5,6 contributions en moyenne par MRD de Mathieu et Mathilde contre 2,6 par MRD de Billy). Il semble que la maîtrise des concepts en SVT soulève des difficultés pour Fiana :

> « Pour l'instant après une 1ère lecture pas de commentaires, j'ai besoin de digérer il y a trop de notions sur lesquelles je n'ai pas de connaissances donc ça me parle peu et je ne sais pas comment formuler mes questions. La nuit sera bénéfique, peut-être demain. Désolée. » ($MRD_{étape1}$ de Billy, commentaire 6)

Cette difficulté n'est cependant pas un obstacle insurmontable pour contribuer car le lendemain Fiana commente la place du modèle dans la démarche proposée par Billy ; elle suscite cependant probablement un effort supplémentaire. Cette difficulté est peut être moindre en mathématiques pour Fiana car elle a enseigné cette discipline en SEGPA.

Concepteur / Contributeurs		Mathieu		Mathilde		Fiana		Billy	
		nombre	moyenne	nombre	moyenne	nombre	moyenne	nombre	moyenne
Mathieu	A			6	3	6	2	2	0,5
	B			3	1,5	2	0,7	0	0
Mathilde	A	5	2,5			4	1,3	1	0,3
	B	9	4,5			2	0,7	1	0,3
	C	0	0			0	0	1	0,3
Fiana	A	17	5,7	10	3,3			6	1,5
	B	3	1	7	2,3			3	0,8
	C	0	0	0	0			1	0,3
Billy	A	3	1	4	1,3	6	2		
	B	0	0	3	1	0	0		
	C	1	0,3	2	0,7	0	0		
Filomène	A	2	1	1	0,5	3	1,5	7	2,3
	B	1	0,5	2	1	2	1	0	0

Tableau 35 : Contributions de type A, B et C effectuées auprès des différents professeurs

Si la discipline semble influencer les contributions de certains professeurs, et en particulier ceux de mathématiques, elle ne semble pas être le seul facteur. Cette supposition est par exemple confortée par le fait que Billy commente différemment les MRD des deux professeurs de mathématiques (1,3 commentaires en moyenne par MRD de Mathieu contre 3 pour Mathilde), même lorsqu'il s'agit de la même situation mathématique (5 commentaires dans la MRD révisée par Mathilde, 0 dans celle

révisée par Mathieu). Des facteurs autres que la discipline, les concepts en jeu ou même la situation préparée semblent intervenir. Ces facteurs sont probablement divers et donc difficiles à isoler.

Nous avons cependant repéré deux facteurs indépendants de la discipline qui semblent moduler les contributions. Le premier provient de l'analyse des contributions de Filomène qui contribue tout autant auprès de Fiana qui enseigne la même discipline qu'elle, qu'auprès de Billy qui enseigne les SVT (2,3 et 2,5 commentaires en moyenne par MRD soumise). Comme le montre l'extrait du fil de discussion entre Filomène et Billy, les contributions de Filomène auprès de Billy peuvent en partie s'expliquer par le fait que ces deux professeurs partagent la même classe et qu'ils possèdent une connaissance partagée des élèves :

> Billy : (…) Pour moi, j'espère que cette séance en toute fin d'année pourra apporter un peu d'optimisme à des Lislie, Mohammad, Anita, Steve, Maxime sans pour autant empêcher des Léo, Nassima, ou Maurane de travailler et de se faire plaisir aussi.
>
> Filomène : (…) C'est justement aussi le but de ce type de démarche de remotiver l'élève et en général cela fonctionne (bon allez peut être pas pour Steve je le concède...). ($MRD_{étape2}$ de Billy, commentaire 5)

Le second facteur modulant les contributions est mis en évidence par la comparaison des contributions de Billy et des autres professeurs. Plusieurs indices montrent que Billy est le professeur qui a le moins contribué au collectif : ses commentaires articulés au WP_{HC} (contributions de type A et B) sont les plus faibles au sein du collectif (1,5 commentaires par MRD contre 2,2 à 4,6 pour les autres professeurs, Tableau 35). Ce résultat peut être rapproché du nombre d'observations croisées suivies de la rédaction d'une grille d'analyse réalisée par chaque professeur. Le taux de telles observations est de 0,2 pour Billy quand il varie de 0,4 à 0,9 pour les autres professeurs (Tableau 36).

	Nombre d'observations proposées au professeur	**Nombre d'observations effectuées**	**Taux d'observation effectué**
Mathieu	8	3	0,4
Mathilde	8	5	0,6
Fiana	8	7	0,9
Billy	9	2	0,2
Filomène	4	3	0,8

Tableau 36 : Observations croisées suivies de la rédaction d'une grille d'analyse pour chaque professeur.

Cette faible contribution de Billy au sein du collectif est notée par Mathilde dans le questionnaire de régulation en 2014 : « J'ai eu l'impression d'être plus un groupe de 3 que de 4. J'ai moins échangé avec le collègue de SVT. » (Tableau 32). Lorsque l'on observe les contributions des autres professeurs, celles dirigées vers Billy ont tendance à être plus faibles : le nombre moyen de commentaires articulés au WP_{HC} (contributions de type A et B) varient de 0,5 à 2,3 selon les professeurs dans les

MRD de Billy quand ils sont de 1,5 à 7 dans les MRD des autres professeurs (Tableau 35). Nous relions ces résultats à une caractéristique essentielle de la contribution énoncée par Zask :

> « La contribution [dans un collectif] apparait donc comme un évènement profondément interactif dont la caractéristique essentielle est qu'elle intègre le contributeur dans une histoire commune » (Zask, 2011, p. 12)

Le fait que Billy entre insuffisamment dans le jeu des interactions semble ainsi le mettre en marge du collectif et de son histoire commune. Nous mettons en relation les relativement faibles contributions de Billy à sa faible expérience du travail collectif qu'il justifie par sa condition de TZR :

> « Elle me permet que difficilement de pouvoir prendre le temps nécessaire à l'adhésion à un réel travail collaboratif sur du moyen ou du long terme » (Billy, questionnaire régulation 2014).

Celui-ci exprime cependant à différentes reprises, dans ses entretiens, dans le questionnaire de régulation 2013 et 2014, et dans ses rapports d'activités rédigés pour l'IFÉ, un vif intérêt pour cette forme de travail :

> « La satisfaction principale a été de pouvoir participer à un projet collectif, ce qui est forcément une chance dans le parcours d'un TZR. » (Billy questionnaire de régulation 2014).

Les contributions de Billy à partir des écrits réflexifs (commentaire, grille d'analyse) n'ont pas montré d'évolution au cours du temps de la recherche, mais bien que nous ne l'ayons pas évaluée à partir de critères objectifs, nous avons constaté une évolution de sa prise de parole dans les focus groups. Une prise de parole étant une façon de contribuer probablement plus accessible et moins engageante qu'un écrit réflexif.

- ***Conclusion***

Les limites des résultats obtenus

Les outils méthodologiques utilisés ne permettent, certes pas, d'effectuer une identification exhaustive de toutes les contributions qui s'effectuent au sein du collectif, cependant nous émettons l'hypothèse qu'ils permettent de faire un focus sur les principales interactions relatives à la production des MRD qui sont au cœur de l'activité du collectif. Une analyse fine du contenu des commentaires permettrait sans doute de préciser le sujet des interactions et de mieux comprendre la nature des contributions qui s'opèrent entre les professeurs de disciplines différentes (épistémologique, pédagogique, didactique). Cette étude pourrait également être enrichie par une analyse des interactions orales qui ont lieu entre les professeurs durant les focus groups. Les exigences de l'analyse des modèles opératifs qui orientent un WP_{HC} étant au centre de notre recherche, nous sommes contrainte de délimiter nos analyses (§ 5.4.1).

Caractéristiques des contributions observées au sein du collectif codisciplinaire

L'analyse des contributions à partir des choix opérés nous conduit aux résultats suivants :

- Il existe des contributions relativement importantes au sein du collectif codisciplinaire, variables selon les professeurs ;
- La discipline semble être un facteur important, mais pas exclusif, pour soutenir les contributions. Un manque de maîtrise des savoirs disciplinaires en jeu impose des efforts de compréhension et sont donc susceptibles de freiner les contributions. Toutefois les concepts partagés entre disciplines, même avec des significations différentes (par exemple : modèle), peuvent constituer des appuis ;
- Des facteurs non disciplinaires, comme l'expérience des pratiques collectives, ou encore les intérêts pédagogiques partagés ont tendance à stimuler les contributions ;
- Les contributions faites par un professeur X à un professeur Y semblent en partie déterminées par les contributions que X a reçu de Y. Recevoir une contribution d'un professeur semble être une marque de *reconnaissance* qui en retour amène à contribuer pour ce professeur. Les contributions s'instaurent ainsi dans une forme de *don/contre don*

6.1.3. Des professeurs qui bénéficient du collectif

Pour évaluer les bénéfices retirés par un professeur de sa participation au collectif, nous différencions ceux qui sont orientés par la réalisation à partir des révisions des métaressources génériques (§ 6.1.3.1), de ceux qui sont orientés par le collectif indépendamment de la réalisation (§ 6.1.3.2). Nous présentons également le sentiment de satisfaction que les professeurs retirent du collectif (§ 6.1.3.3) avant de conclure sur l'apport de ces bénéfices (§ 6.1.3.3).

6.1.3.1. Des bénéfices orientés par la réalisation

Le *Recueil des re-sources des MRG* des différents professeurs (annexe 3) permet d'identifier les principales ressources et les usages qui ont soutenu l'instrumentalisation des MRG, il permet de repérer les bénéfices qui sont orientés par la réalisation (§ 5.3.4.2). Afin de différencier si les professeurs bénéficient des outils de la réalisation ou plus largement du collectif - au-delà de la réalisation pour instrumentaliser leur MRG - nous répertorions les ressources indiquées par les professeurs en deux catégories : les ressources *internes* correspondant aux outils de la réalisation et, les ressources *externes* qui sont indépendantes de celles-ci, comme par exemple, un manuel scolaire, un échange informel ou encore un ouvrage scientifique. Le Tableau 37 et le Tableau 38 présentent

ces ressources et leurs usages reformulés par le chercheur pour en faciliter la lecture. Ils sont indiqués en italique lorsqu'ils ont pu être attestés par le chercheur (§ 5.3.1). Nous soulignons que les données recueillies pour Mathilde sont partielles car elle n'a pas su comment utiliser cet outil lors de la première phase de recueil de données, les informations apportées étant sans relation avec les items, nous avons pu les exploiter uniquement pour la deuxième phase de recueil. Ceci explique que nous ayons 4 ressources mentionnées pour Mathilde contre 8 à 12 pour les autres professeurs.

Professeur	**Ressources de la réalisation**	**Usages soutenant l'instrumentalisation de la MRG**
Mathieu	*MRD et MRD' 2014 personnelles et leurs mises en jeu*	Mettre à l'épreuve les repères, retravailler les repères qui sont flous, *en particulier celui sur l'argumentation.*
		Repérer 3 repères essentiels pour structurer la préparation : choix du problème, scénario, préparer l'argumentation.
		Prendre conscience de : *- l'importance de l'anticipation : ce qu'il faut dire, les mots à utiliser,* *- l'intérêt d'avoir des ressources prêtes pour aider les élèves lors de la mise en jeu,* - l'intérêt d'un diaporama pour conserver un fil directeur.
	MRG_2 + commentaires dans la MRG_2	*Identifier une forte proximité entre la situation de travail décrite collectivement dans la MRG_2 et la situation de travail en mathématiques.*
		Utiliser la MRG_2 pour représenter la situation de travail sous forme d'un schéma fléché.
	MRG_3	*Repérer les idées communes aux mathématiques et aux sciences.*
	Observations croisées	*Prendre conscience du besoin d'adaptation du professeur aux élèves lors de la mise en jeu et de ce qui peut être anticipé dans la préparation : importance du rôle des repères « anticipation des conjectures » et « aides » dans cette adaptation.*
Mathilde	*Commentaires de Fiana dans MRD'*	*Préciser le repère « Choix du problème » : un problème est relatif à une connaissance.*
	Mise en jeu de la MRD'	*Préciser le repère « Aide » : demander aux élèves de décrire la figure.*
	Observations des séances de Fiana	*Préciser le repère qui a pour objectif de permettre aux élèves d'argumenter leur conjecture : anticiper les façons de valider ou d'invalider la conjecture, organiser des débats dans les groupes.*
Fiana	*Observations croisées, MRD' et grilles d'analyse des situations de Mathieu et Mathilde.*	*Clarifier les liens entre hypothèses, connaissances, situation problème à partir d'un contexte d'enseignement précis.*
	MRD Mathilde + fil de discussion + MRG 3 personnelle	*Réfléchir sur les liens entre le problème, les observations et le concept visé : identification de l'existence d'un lien entre le problème et le concept visé qui amène à ajouter une flèche dans la carte conceptuelle.*
Billy	*MRG_2 collective*	*Etre conforté dans l'idée que la MRG peut être générique aux disciplines.*
	MRG_3 personnelle	*Réorganiser les repères (déplacement, fusion).*
	MRD personnelle	*Réfléchir sur l'apport d'aides collectives ou individuelles : préciser le repère aide et proposition d'aide dans MRD'.*
	Echanges sur les repères au cours de focus group	Etre conforté dans la MRG produite.
	Grille observateur de Fiana sur MRD'	*Identifier le fait qu'il faut éviter de multiplier les supports pour avoir plus de temps dans la mutualisation des propositions des élèves.*

Tableau 37 : Principales ressources internes à la réalisation contribuant à instrumentaliser les MRG (MRG3 et MRG4)

Professeur	Ressources externes à la réalisation	Usages soutenant l'instrumentalisation de la MRG
Mathieu	Objectifs des programmes de 5e et 4e sur la démonstration	Identifier les liens entre l'argumentation et la preuve. *Préciser le repère « argumentation ».*
	Problèmes ouverts en cycle 2 et 3	Redéfinir le terme « scénario ». Un scénario c'est « les mots qu'il faut utiliser, le déroulement de l'activité, les variables qui peuvent jouer un rôle didactique ».
Mathilde	*Formation sur les démarches d'investigation en mathématiques*	*Préciser le repère « Choix du problème » : l'origine d'un problème en mathématiques.*
Fiana	*Logiciel de carte mentale.*	*Produire une carte mentale à partir du mot hypothèse : préciser le concept d'hypothèse, les responsabilités du professeur et celles de l'élève dans les tâches scolaires d'élaboration d'hypothèses.*
	Précis de grammaire pour l'agrégation de français	*Comprendre la syntaxe de la formulation d'une hypothèse.* *Formuler une définition du terme hypothèse qui tienne compte de cette syntaxe.*
	Ouvrage : Apprentissage de l'abstraction, B.M. Barth	*Identifier les liens entre concept et hypothèse. Reformuler le repère 1 lié au problème dans la MRG_3.*
	Ouvrage : Éléments d'épistémologie, Hempel	*Identifier des caractéristiques d'une hypothèse : L'hypothèse est plus liée à l'observation qu'au problème, elle est une recherche d'explication liée à l'observation, elle repose sur une certaine intuition.*
	Article : « L'hypothèse scientifique ». PM De Munntnok	*Identifier des liens entre hypothèse et recherche de causes et entre hypothèse et observation.* *Relier la syntaxe d'une hypothèse avec la recherche d'une cause.*
	Manuel scolaire physique 1°S	Repérer comment les situations sont construites : la place des hypothèses, du problème de l'observation. Identifier l'importance de la mise en question du problème pour la réussite de l'activité. Remanier la carte mentale.
	Notes personnelles du focus group	Clarifier le concept d'hypothèse, le comparer à celui de conjectures.
Billy	Progression annuelle	*Introduire un nouveau repère : identifier les notions pouvant conduire à l'élaboration d'hypothèses dans l'ensemble du programme.*
	Situation d'enseignement (chromosomes 3e) où les élèves étaient en difficulté pour formuler des hypothèses.	*Préciser le repère « Aide ».*
	Echange oral avec le collègue de SVT du collège sur les difficultés à faire formuler des hypothèses à propos d'une situation d'enseignement (digestion 5e).	Identifier l'intérêt des repères pour concevoir une situation d'enseignement qui vise une élaboration d'hypothèses pour les élèves.

Tableau 38 : Principales ressources externes à la réalisation contribuant à instrumentaliser les MRG (MRG3 et MRG4)

La révision d'une MRG est une tâche de la réalisation qui ne relève pas d'une activité ordinaire et qui ne dit ni comment, ni à partir de quoi la réaliser. Ce sont donc les professeurs qui déterminent les buts, les ressources et leurs usages permettant d'améliorer leur MRG. Les résultats démontrent que tous les professeurs s'appuient sur des ressources issues de la réalisation et sur des ressources externes à la réalisation.

- ***Une révision des MRG à partir des ressources internes à la réalisation (Tableau 37)***

Les professeurs mobilisent à la fois leurs métaressources qui sont centrées sur leur discipline (MRD ou/et MRG), et des ressources issues d'interactions avec les autres professeurs (observations

croisées, focus groups, commentaires), (Tableau 39). Si les usages développés à partir de ces ressources sont orientés par un but général qui est proposé par la réalisation (réviser la MRG), ils sont guidés par de nouveaux buts que se donnent les professeurs : il s'agit d'identifier de nouveaux repères, d'en préciser d'autres, de les réorganiser, de les comparer entre les disciplines et de les mettre à l'épreuve. Le Tableau 40 indique les principaux buts qui guident les usages des ressources internes des professeurs (X : but attesté, (X) : but déclaré).

	Ressources individuelles		Ressources codisciplinaires		
	MRD et mise en jeu en classe	MRG	Observations croisées	Focus group	Commentaires dans les métaressources
Mathieu	X	X	X		X
Mathilde	X		X		X
Fiana		X	X		X
Billy	X	X	X	(X)	X

Tableau 39 : Ressources individuelles et codisciplinaires de la réalisation soutenant l'instrumentalisation des MRG (X : attesté, (X) non attesté).

	Mathieu		Mathilde		Fiana		Billy	
	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext
Mettre à l'épreuve les repères, être conforté dans les repères décrits	(X)					X	(X)	(X)
Identifier de nouveau repère.								X
Préciser des repères	X	X	X	X	X	X	X	X
Organiser, hiérarchiser, représenter les repères	X				X	X	X	
Identifier des points communs et des différences entre les disciplines	X					(X)	X	
Mieux comprendre les concepts en jeu (hypothèse, conjecture, scénario, argumentation)		X				X		

Tableau 40 : Buts guidant les usages des ressources internes et externes pour la révision des MRG (X : attesté, (X) non attesté).

- ***Une révision des MRG à partir de ressources externes à la réalisation (Tableau 38).***

Les usages développés sont sensiblement guidés par les mêmes buts que ceux qui guident les usages des ressources internes. Pour Mathieu, mais surtout pour Fiana, ces usages visent également une meilleure compréhension des concepts en jeu dans un WP_{HC} (hypothèse, argumentation, scénario), (Tableau 40). Nous distinguons des ressources externes qui appartiennent à l'activité enseignante, indépendamment du collectif (par exemple, les objectifs de programme, une progression, un manuel, mais également l'ouvrage « Apprentissage de l'abstraction » de Barth que Fiana a utilisé au cours de sa formation 2CA-SH[41]), et des ressources qui sont liées à l'activité du collectif (par exemple, les notes du focus group de Fiana, la formation sur les démarches d'investigation suivie dans l'année par Mathilde). Nous faisons l'hypothèse que les premières sont déjà associées à des usages, tandis que les secondes y sont encore peu ou pas associées. La sélection de ces ressources, dans ce contexte d'activité non ordinaire, conduit donc à développer de nouveaux usages des premières et à

[41] Certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap dans le secondaire

développer les usages des secondes. Fiana par exemple, décide de relire « Apprentissage de l'abstraction » pour mieux comprendre les liens entre la connaissance à acquérir (le concept), le problème et l'hypothèse, et elle sélectionne pour la première fois l'article d'épistémologie « L'hypothèse scientifique » de De Munntnok et l'ouvrage « Eléments d'épistémologie » de Hempel pour mieux comprendre ce qu'est une hypothèse en physique.

L'analyse des principales ressources internes et externes qui soutiennent la révision des MRG met en évidence que leur instrumentalisation :

- conduit les professeurs à élargir et restructurer leur système documentaire en se fixant de nouveaux buts, en intégrant de nouvelles ressources (internes et externes à la réalisation), et en développant de nouveaux usages de ressources, récentes ou anciennes, de leur système de ressources.
- est facilitée par les interactions codisciplinaires. En effets, les ressources internes mobilisées sont tout autant celles du professeur que des ressources issues d'interactions codisciplinaires. Trois des quatre professeurs s'appuient sur une comparaison du WP_{HC} entre les disciplines (but « Identifier des points communs et des différences entre les disciplines », Tableau 40).

La production des MRG relève donc de genèses documentaires codisciplinaires. Les professeurs bénéficient du collectif et de sa forme codisciplinaire pour se réaliser en tant que membre du collectif. Fiana, qui est le professeur qui sélectionne le plus de ressources externes (7 contre 3 à 1, Tableau 38), semble être celle qui s'affranchit le plus de la réalisation.

6.1.3.2. Des bénéfices orientés par le collectif

L'analyse du *Journal de bord des apports du collectif* des différents professeurs (annexe 5) permet de repérer les bénéfices orientés par le collectif. Il permet de recueillir des informations destinées à identifier les principales ressources et les principaux usages liés à l'activité du collectif, indépendamment des tâches de la réalisation (§ 5.3.4.3). Pour identifier les liens plus ou moins étroits entre les ressources, les usages et le collectif, nous classons les ressources en trois catégories :

- les outils de la réalisation dont les usages sont indépendants des tâches de la réalisation (Tableau 41) ;
- les ressources et usages externes à la réalisation qui sont partagés par le collectif (Tableau 42) ;
- les ressources externes au collectif dont la sélection est orientée par l'objet du collectif (Tableau 43).

Pour faciliter la lecture des tableaux, nous avons reformulé les usages exprimés et catégorisé le contexte en précisant s'il s'agit d'un contexte interne au WP_{HC} (WP_{HC}), élargi aux démarches d'investigation (DI), ou correspondant à un ou d'autres contextes de l'activité professionnelle (élargi). Ces informations sont en italique lorsqu'elles ont pu être attestées par le chercheur (§ 5.3.1).

Professeurs	Outils de la réalisation	Usages	Contexte
Mathieu	Réalisation (sans précision des ressources mobilisées)	• Produire de nouvelles situations à partir d'automatismes.	WP_{HC}
Mathilde	*Réalisation (sans précision des ressources mobilisées)*	• *Collaborer entre professeurs en dehors des activités du collectif (Fiana, Mathilde, Mathieu).*	élargi
Mathilde et Fiana	*Observation croisée entre Fiana et Mathilde*	• *Repérer des conditions permettant de gérer les difficultés des élèves : différencier les activités des élèves, anticiper les difficultés des élèves.*	élargi
Fiana	*MRG*	• *Concevoir 5 nouvelles séances en 4e, 5e et 3e (Nouvelle façon de faire formuler des hypothèses, approche moins linéaire, importance du problème, mise en relation de l'hypothèse et de ses conséquences).* • *Proposer une formation au plan académique de formation.*	WP_{HC}
	Plateforme numérique de travail	• Mettre en place un travail collaboratif à distance dans les activités de formation.	élargi
Billy	MRG	• Analyser des situations d'enseignement existantes à partir de la MRG.	WP_{HC}
	Réalisation (sans précision des ressources mobilisées)	• Préparer des élèves à des exposés en 3e en attachant une importance à la formulation de problème par les élèves.* • *Préparer une nouvelle situation CM2-6e ayant pour objectif d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses**	WP_{HC}

Tableau 41 : nouveaux usages des outils de la réalisation (en italique, attesté par le chercheur).

Professeurs	Ressources partagées dans le collectif	Usages	Contexte
Mathieu	*Vidéos et animations*	• *Introduire une notion, une technique, ou instaurer un débat.*	élargi
	Travail de groupe	• *Organiser la salle en îlots.* • Organiser un travail de groupe spontanément, dans le calme • *Gérer la classe avec plus de facilité (amélioration de la qualité de la relation avec les élèves).*	élargi
	Carte mentale	• *Mettre en place des évaluations diagnostiques à partir de remue-méninge et d'organisation des mots sous forme d'une carte mentale.*	élargi
Mathilde	*Diaporama*	• *Projeter le déroulement de la séance aux élèves.*	DI
	Travail de groupe	• Modifier la gestion des groupes : moins de temps de mise en commun, *préparer des ressources qui supportent l'activité des élèves*, ne pas être la seule ressource pour les élèves.	DI
Billy	*Vidéos et animations*	• *Utiliser de nouveaux supports pour enrichir des cours.*	élargi
	Travail de groupe	• *Mettre en place un travail de groupe de 3 ou 4 élèves et non plus en binôme.*	élargi

Tableau 42 : ressources et usages partagés dans le collectif (en italique, attesté par le chercheur).

Professeurs	Ressources externes au collectif	Usages	Contexte
Mathieu	*Conférences en didactique des mathématiques (site IREM Paris)*	• *S'auto-former en didactique des mathématiques.*	élargi
Mathilde	*Formation de formateurs IFÉ*	• *Se former sur les démarches d'investigation en mathématiques.* • Dans un travail de préparation, lors du choix du problème : - Réfléchir sur le sens des questions posées aux élèves, - Rechercher des informations sur l'histoire du concept.	DI WP_{HC}
Fiana	*Articles et ouvrages en épistémologie de la physique et épistémologie des sciences.*	• *S'auto-former en épistémologie.*	WP_{HC}
	Formation de formateurs IFÉ	• *Se former sur les démarches d'investigation codisciplinaires : rencontre avec d'autres pratiques, apports théoriques sur les démarches d'investigation en sciences, découverte des cartes mentales.* • *Etablir une carte mentale sur le WP_{HC} en SPC.*	DI WP_{HC}
Billy	*Site académique, site enseignant*	• *S'auto-former sur les démarches d'investigation, sur les hypothèses.*	DI
	Concours « C Génial », « Faites de la science »	• Acquérir une confiance qui permet d'envisager une participation à des concours scientifique (pratique potentielle).	DI

Tableau 43 : ressources externes au collectif à l'origine de nouveaux usages en italique, (attesté par le chercheur).

Les professeurs développent des usages des outils de la réalisation qui dépassent les tâches proposées par le chercheur (Tableau 41). Certains de ces usages sont au service d'un WP_{HC}. Billy utilise par exemple sa MRG pour analyser des situations et, comme Fiana, il l'utilise pour produire de nouvelles situations. Pour Mathieu, l'ensemble des outils de la réalisation lui ont permis de se construire une représentation de la situation de travail sur laquelle il s'appuie pour préparer de nouvelles situations en s'affranchissant de la ressource matérielle MRG. D'autres usages proposés dans la réalisation sont développés dans un contexte élargi ou nouveau : Fiana et Mathilde organisent des observations croisées entre elles pour mieux comprendre comment gérer les élèves en difficultés ; Fiana utilise la plateforme numérique de travail du collectif pour mettre en place un travail collaboratif à distance dans ses activités de formation, elle utilise encore sa MRG et la réflexion qui accompagne sa production pour proposer une formation au plan académique de formation.

Les outils de la réalisation, en particulier les MRD et observations croisées, favorisent un partage de ressources et d'usages qui sont externes à la réalisation (Tableau 42). Les professeurs intègrent des ressources et des usages dans leurs pratiques. Certaines de ces ressources sont utilisées dans un contexte plus large que celui du WP_{HC}. Ainsi, les travaux de groupe des élèves organisés par Fiana, et observés par le collectif, re-sourcent les pratiques des autres professeurs. Billy et Mathilde, qui organisaient des travaux de groupe, modifient leur organisation. Billy organise des groupes de 3 ou 4

élèves au lieu de 2 pour augmenter les interactions entre élèves, Mathilde produit des ressources pour soutenir l'activité de recherche des élèves. Pour Mathieu, alors que pendant la première année d'expérimentation, le travail de groupe est une nouvelle modalité de travail qu'il redoute de mettre en place, pendant la seconde année, il regroupe les tables de sa salle en îlots et organise des travaux de groupe, dès qu'il ressent cette forme de travail adaptée à la situation :

> « maintenant je me sens capable (et je pratique!) la mise en groupe "au pied levé" » (Mathieu, Journal de bord des apports du collectif).

Les observations de Fiana en classe conduisent également les autres professeurs à utiliser de façon plus régulière certaines ressources TIC (des vidéos et des animations pour Mathieu et Billy), ou de nouveaux usages de ces ressources TIC (un diaporama pour projeter le déroulement tout au long de la séance, pour Mathilde qui n'utilisait cet outil qu'en début de séance pour mettre les élèves au travail en projetant une série de questions). Ces usages sont facilités par le nouvel équipement numérique du collège (§ 5.2.2.2). Si les professeurs bénéficient de l'expertise professionnelle de Fiana sur la gestion pédagogique des situations de classe, Fiana ne mentionne pas la réciproque.

Les professeurs intègrent également, dans leur système de ressources, certaines qui sont externes à la réalisation et au collectif, mais dont la sélection est orientée par l'objet du collectif (Tableau 43). Il s'agit essentiellement de ressources pour se former sur les démarches d'investigation et les activités d'élaboration d'hypothèses ou de conjectures dans une approche didactique ou épistémologique. Billy recherche des informations sur les sites qu'il a l'habitude de consulter (site académique, site de professeur(s)). Fiana s'appuie sur ses pratiques de formatrice pour rechercher des articles et ouvrages scientifiques et pour participer à une formation de formateurs. Mathieu visionne pour la première fois des conférences de didactique et Mathilde suit pour la première fois une formation de formateurs ouverte aux enseignants[42]. La participation au collectif donne également de l'assurance à Billy qui envisage pour la première fois de participer avec ses élèves à des concours scientifiques du type « C Génial », « Faites de la science » qui promeuvent l'investigation scientifique.

Dans une visée qualitative, le Tableau 44 recense le type de ressources mobilisées et le type d'usages développés par chacun des professeurs, en précisant dans quel contexte.

	Outils de la réalisation, usages non guidés par les tâches de la réalisation		**Ressources externes à la réalisation, partagées par le collectif**		**Ressources externes à la réalisation, sélection orientée par l'objet du collectif**	
	Usages	**Contexte**	**Usages**	**Contexte**	**Usages**	**Contexte**
Mathieu	(X)	WP_{HC}	X	élargi	X	élargi
Mathilde	X	élargi	X	DI	X	DI
Fiana	X	élargi			X	WP_{HC}
Billy	(X)	WP_{HC}	X	élargi	X	DI

Tableau 44 : Ressources et usages orientés par le collectif (X : attesté, (X) : non attesté)

[42] Le statut de professeur associé à l'IFE a probablement attiré l'attention de Mathilde et de Fiana sur les formations proposées par l'Institut. Toutefois, elles ont été informées par les listes de diffusion académiques et non par le chercheur de ces formations.

L'ensemble de ces résultats mettent en évidence, que tous les professeurs ont utilisé des ressources et développé des usages qui sont orientés par le collectif indépendamment des tâches de la réalisation, et que ces ressources et usages ne sont pas limités au contexte du WP_{HC}. Mathieu, Mathilde et Billy bénéficient de façon spécifique des ressources externes à la réalisation qui sont partagées par Fiana. Ce résultat permet d'inférer que le partage de ressources et d'usages peut s'effectuer entre professeurs de disciplines différentes si l'intérêt des contributions est reconnu. Nous considérons donc que les professeurs bénéficient du collectif et de sa forme codisciplinaire pour se réaliser au-delà du collectif, dans leur activité d'enseignant, et de formatrice pour Fiana.

6.1.3.3. Un sentiment de satisfaction

Les bénéfices retirés par les professeurs sont encore montrés par la satisfaction qu'ils expriment leurs réponses au questionnaire de régulation en fin de recherche (Tableau 45) : « beaucoup de satisfaction » (Mathieu), « beaucoup appris, personnellement et pédagogiquement » (Mathlide), « en même temps une difficulté et une satisfaction » (Mathilde), « une chance dans le parcours d'un TZR » (Billy)

Mathieu	L'aspect collectif du travail m'a apporté beaucoup de satisfaction. Les échanges ont été riches. Il s'agit un peu d'un échange de pratique en situation. Les observations ont beaucoup contribué à ces échanges.
Mathilde	Les échanges avec les collègues, les observations de séances m'ont beaucoup appris, personnellement et pédagogiquement.
Fiana	La découverte des autres collègues, de leurs façons de faire : ça a été en même temps une difficulté et une satisfaction.
Billy	La satisfaction principale a été de pouvoir participer à un projet collectif ce qui est forcément une chance dans le parcours d'un TZR.

Tableau 45 : Réponses des professeurs à la question « Décrivez les satisfactions que vous avez pu ressentir dans ce projet » (questionnaire de régulation 2014).

Dans ce questionnaire, Billy souligne également l'intérêt de sa participation à la recherche, et son manque d'expertise initiale du travail collectif :

> « Ce travail m'a permis de progresser dans le travail en équipe et notamment dans ma capacité à m'intégrer dans un groupe de travail. En effet, ma condition de TZR ne me permet que difficilement de pouvoir prendre le temps nécessaire à l'adhésion à un réel travail collaboratif sur du moyen ou du long terme. En ce sens, ce groupe de travail a été une vraie chance pour moi en me permettant de partager une vraie dynamique de travail en commun qui a participé à la continuité de ma formation personnel dans mon travail d'enseignant. » (Billy, questionnaire de régulation 2014. Question « décrivez ce que le projet vous a apporté sur le plan personnel ? »)

Il semble que Billy ait bénéficié du collectif pour commencer à développer une confiance nécessaire pour contribuer dans un collectif.

6.1.3.4. Conclusion sur les bénéfices retirés par les professeurs

- ***L'enrichissement du vivier de ressources initial***

Nos choix méthodologiques mettent en relief des bénéfices retirés par les professeurs pour se réaliser en tant que membre du collectif, mais également comme professionnel disciplinaire de l'enseignement ou de la formation.

> L'activité du collectif enrichit le *vivier de ressources initial* du collectif constitué des outils de la réalisation, et engendre un *vivier de ressources et d'usages* (§ 3.1.3) qui favorise un enrichissement du système de ressources des professeurs ou/et le développement de nouveaux usages de ressources. Elle conduit ainsi à enrichir leur système documentaire.

- ***L'engagement dans une dynamique professionelle***

Différents indices montrent que des usages des ressources du vivier s'installent dans les pratiques des professeurs. Mathilde exprime par exemple à propos des observations croisées et du travail collectif :

> « Il me semble que l'on a créé cette habitude de travail à plusieurs, à aller s'observer les uns, les autres, sans complexe pour s'imprégner des conseils des uns et faire avancer notre réflexion » (Mathilde, Questionnaire d'évaluation 2014, réponse à la question « A l'issu du projet, avez-vous l'impression de partager certaines choses avec les autres membres du groupe ? Décrivez ce qui vous semble partagé. »)

Ce type de déclaration est conforté par les observations que nous poursuivons dans le projet européen FaSMEd[43] dans lequel les professeurs se sont engagés à la suite de cette recherche.

Les choix méthodologiques opérés ne visent pas une exhaustivité et ne permettent pas de saisir toute la complexité des bénéfices qui peuvent s'opérer en cascade. Par exemple, Fiana bénéficie de la formation de formateurs suivie à l'IFÉ. En découvrant des logiciels de carte mentale, elle réinvestit un de ces logiciels pour organiser et présenter sa MRG et réfléchit à d'autres usages pour ces élèves. Lorsque Fiana partage sa MRG et la présente au collectif au cours d'un focus group, Mathieu identifie alors l'intérêt de cette ressource pour structurer des idées. Il propose à ses élèves une évaluation diagnostique à partir d'une carte mentale sur un support papier.

> La participation au collectif inscrit les professeurs dans une dynamique professionnelle plus large que celle que nous avons analysée. Plus largement, le collectif contribue à un épanouissement professionnel.

[43] Formative Assessment in Science and Mathematics Education : https://research.ncl.ac.uk/fasmed/

- ***Des bénéfices entre professeurs de disciplines différentes***

Nos résultats mettent en évidences que des professeurs peuvent bénéficier de collègues qui enseignent dans une autre discipline. Mathilde pointe davantage de bénéfices provenant de Fiana que de Mathieu, le fait d'appartenir à la même discipline ne semble donc pas forcément être le facteur premier pour pouvoir bénéficier d'une contribution. En revanche, l'expertise professionnelle semble jouer un rôle en permettant à l'expert de bénéficier plus largement du collectif au-delà de son objet de travail, et aux autres professeurs de bénéficier plus spécifiquement de ses contributions. Ces facteurs nécessiteraient d'être testés pour être confirmés.

6.1.4. Conclusion sur la participation des professeurs

- ***Une participation effective à un collectif codisciplinaire***

L'analyse de la participation des professeurs au collectif à partir des outils que nous avons développés (questionnaire de régulation, recueil des re-sources des MRG, journal des apports du collectif) met en évidence que :

Des professeurs de disciplines de mathématiques, de SVT et de SPC, ayant adopté une forme de travail codisciplinaire, peuvent prendre part à un projet collectif, contribuer et bénéficier du collectif. La participation des professeurs à la réalisation a permis de créer un collectif dont l'activité, non seulement a dépassé celle de la réalisation, mais encore, s'est poursuivie au-delà de la recherche en intégrant de nouveaux membres.

En effet, en avril 2014, les quatre professeurs ont accepté la sollicitation du chercheur de s'engager dans le projet européen FaSMEd en se donnant pour objectif de produire des ressources codisciplinaires pour l'évaluation formative médiée par la technologie. Le collectif a alors intégré deux autres professeurs du collège (SPC et SVT).

- ***Des facteurs susceptibles d'influencer le travail collectif***

Nos résultats mettent en évidence un ensemble de facteurs propres aux individus qui jouent sur leur participation. Les facteurs facilitateurs identifiés sont les suivants :

- l'expertise du travail collectif, et plus largement l'expertise professionnelle ;
- les intérêts pédagogiques partagés ;
- l'implication dans le collectif qui entraîne des contributions réciproques (don/contre don) ;

La discipline joue un rôle mais il semble que les autres facteurs puissent être plus importants.

Le suivi du collectif nous a également révélé, de façon plus informelle, des facteurs externes au collectif tels que :

- le soutien du chef d'établissement facilitateur du fonctionnement du collectif (organisation des réunions et des observations croisées) ;
- le contexte d'enseignement en zone d'éducation prioritaire qui rend nécessaire le partage et le soutien (ceci a été témoigné à plusieurs reprises par les professeurs).

- ***Des limites méthodologiques***

Notre évaluation de la participation effective des professeurs présente des limites : elle est partielle et repose en partie sur leurs déclarations. Par ailleurs, elle ne préjuge pas de sa qualité didactique, pédagogique ou épistémologique

6.2. Analyse des ressources sélectionnées et produites au cours d'un WP_{HC}

L'objectif de cette partie est d'analyser le travail de préparation des professeurs de façon à dégager en quoi il relève de genèses documentaires codisciplinaires. Nous analysons dans le § 6.2.1 les caractéristiques des ressources mères sélectionnées par les professeurs et dans le § 6.2.2 celles des MRD et des ressources filles. Nous terminons par une modélisation des genèses documentaires codisciplinaires qui sont opérées au sein du collectif (§ 6.2.3).

6.2.1. Les ressources mères sélectionnées

Nous centrons l'étude des ressources mères qui soutiennent le travail de préparation des professeurs sur celles qui sont pointées comme essentielles par les professeurs (§ 6.2.1.1) et sur les métaressources génériques de la réalisation (§ 6.2.1.2).

6.2.1.1. Les ressources mères pointées comme essentielles

Les professeurs communiquent au chercheur les ressources mères qu'ils considèrent comme essentielles pour leur préparation. Ce partage s'effectue en renseignant dans les MRD les champs correspondants (Tableau 7) et d'autre part, en répondant à une question posée au cours de

l'entretien pré-séance, du type : « Peux-tu décrire la ou les ressources qui ont été les plus importantes pour toi dans ce travail de préparation ? ». Nous analysons l'ensemble des MRD des professeurs (annexe 2) et les transcriptions lorsque les entretiens apportent des informations complémentaires (annexe 6).

Nous analysons ces ressources mères, pour les 8 situations d'enseignement préparées au sein du collectif entre 2013 et 2014 afin d'éclairer les questions suivantes :

- de quelles façons peuvent-elles être communiquées au chercheur ?
- En quoi peuvent-elles contribuer à modéliser la tâche experte contextualisée à un thème donné (§ 4.3) ?
- En quoi sont- elles susceptibles de soutenir le sens du WP_{HC} ?

Pour chacune des situations préparées, les professeurs pointent une seule ressource mère qu'ils considèrent comme essentielle pour initier leur préparation :

> « J'ai été sur EDUSCOL, doc(ument) ressources pour la 4ème : de la page 74-88. ICI : c'est de là qu'est partie mon idée » (Fiana, $MRD_{étape1}$, souligné par Fiana)

Nous analysons ces ressources en caractérisant leurs différents *niveaux constitutifs* (§ 3.1.2) et leur source. Cette caractérisation est présentée dans le Tableau 46.

L'analyse du *niveau des éléments relatifs à l'exploitation en classe, à la planification,* met en évidence que toutes les ressources sélectionnées par les professeurs présentent *a minima* une organisation temporelle des tâches des élèves, accompagnée des ressources nécessaires pour les réaliser (Encadré 7). Ces tâches et ces ressources permettent de repérer le *niveau du contenu* de la ressource mère. Il s'agit du *savoir de référence* en jeu (§ 4.1.2) et de la façon dont il est questionné. Par exemple, dans la ressource mère de Fiana, l'activité expérimentale qui consiste à observer les rayons lumineux réfléchis par des feuilles de couleur différentes permet de repérer que dans cette situation, le savoir de référence est le modèle du trajet des rayons lumineux expliquant la couleur des objets et qu'il est questionné à partir du changement de couleur d'un même objet (Encadré 7). L'analyse des tâches permet encore de caractériser le *sens* (§ 4.1) de la problématisation, porté par la ressource mère. Dans ce paragraphe nous nous limitons à repérer pour chaque ressource mère le savoir de référence et le questionnement qui le porte. Nous proposons dans le § 7 une analyse des ressources mères, considérées comme essentielles par Mathieu en 2013 et en 2014, afin de repérer en quoi elles sont susceptibles de soutenir la *référence*, la *signification* et la *manifestation* de son WP_{HC}.

		Niveau du contenu	Niveau du support	Niveau des éléments relatifs à l'exploitation en classe, à la planification	Source
Mathieu	**2013**	La production de formule : déterminer la relation entre le nombre de carreaux sur le contour d'un carré et le nombre sur le côté	immatériel	Déroulé des tâches demandées aux élèves et les ressources nécessaires pour les effectuer.	Système de ressources du professeur
	2014	La formule du périmètre d'un cercle : calcul du rapport entre le périmètre et le diamètre d'un cercle	immatériel	Déroulé des tâches demandées aux élèves et les ressources nécessaires pour les effectuer.	Système de ressources du professeur
Mathilde	**2013**	La production de formule : déterminer la relation entre le nombre de carreaux sur le contour d'un carré et le nombre sur le côté	immatériel	Déroulé des tâches demandées aux élèves et les ressources nécessaires pour les effectuer.	Mathieu + souvenir d'avoir rencontré cette situation
	2014	La somme des angles d'un triangle est de 180° : comment déterminer la valeur des angles d'un triangle ou comment construire un triangle qui répond aux spécifications données	numérique	Tâches pouvant être proposées aux élèves. Rôles du professeur. Analyse didactique des tâches.	Formation puis Site IREM de Clermont-Ferrand. Fiche « Construction de triangles et inégalité triangulaire en cinquième » de Lé Quang & Noirfalise[44].
Fiana	**2013**	Le modèle particulaire expliquant les états de la matière (gaz, liquide, solide) : la compressibilité des gaz et la non compressibilité des liquides	numérique	Approche historique du concept et des obstacles épistémologiques, différents scénarios accompagnés de production d'élèves et de leur analyse didactique.	Document d'accompagnement Eduscol[45] : « De l'air qui nous entoure à la molécule », pp 77-84 trouvé sur Internet
	2014	Le modèle du trajet des rayons lumineux expliquant la couleur des objets : le changement de couleur d'un objet	numérique	Fiche élève présentant l'objectif, le dispositif expérimental, les tâches des élèves.	Système de ressources du professeur
Billy	**2013**	Les mécanismes de l'accrétion et de l'expansion océanique : les phénomènes associés à une frontière de divergence	immatériel	Déroulé des tâches demandées aux élèves et les ressources nécessaires pour les effectuer.	Système de ressources du professeur
	2014	La commande nerveuse du mouvement : les organes impliqués dans la commande et les moyens de communication entre ces organes.	numérique	Fiche élève présentant le problème à résoudre, les tâches des élèves et les ressources nécessaires	Système de ressources du professeur

Tableau 46 : analyse des ressources mères essentielles qui soutiennent les préparations au sein du collectif.

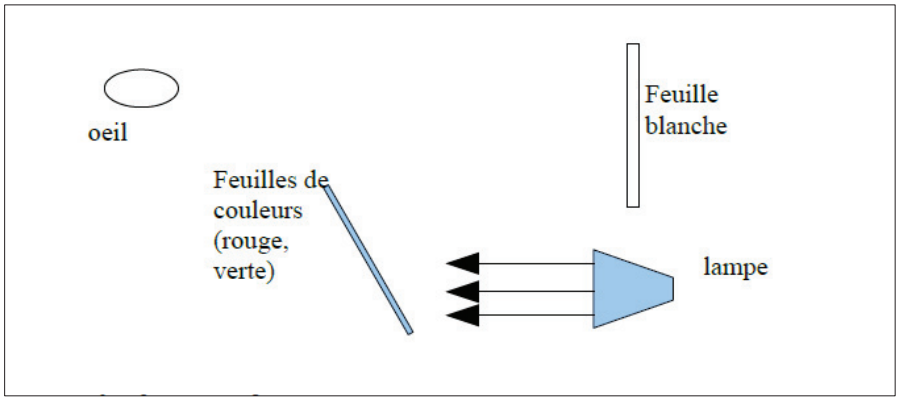
44

45 http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Programmes/54/1/SPC_DOC_DAC_CC_111541.pdf

La couleur

Objectif : D'où provient la couleur d'un objet ?
1ère réflexion :
La couleur d'un objet peut-elle changer (sans le repeindre) ?
Hypothèse : je pense que…

1/ Dispositif expérimental



2/ Observations
Que se passe-t-il sur la feuille blanche ?
3/ Recommence la même expérience mais remplace la feuille blanche par « la feuille jaune ». Qu'observes-tu ?

4/ **Conclusion**
D'où provient la couleur d'un objet ?
Propose un schéma qui puisse expliquer ton observation avec la feuille blanche
éclairée par un carton vert. (A faire au dos)

Encadré 7 : Ressource mère de Fiana en 2014.

L'analyse de la source des ressources mères révèle que le plus souvent (5/8), elles appartiennent au système de ressources des professeurs et qu'elles ont déjà été utilisées les années précédentes pour conduire la classe. Lorsque ce n'est pas le cas, la raison semble conjecturelle : Fiana qui enseigne pour la première fois à des 4e depuis que le programme a changé, sélectionne un scénario dans le document d'accompagnement Eduscol ; en 2013, Mathilde partage la ressource mère pointée par Mathieu ; en 2014 elle recherche sur le site de l'IREM de Clermont Ferrand le scénario qui lui a été présenté au cours d'une formation qu'elle vient de suivre et qui correspond à son objectif d'enseignement :

> Chercheur : « Peux-tu me raconter comment tu as mis en place cette séance ? De quoi es-tu parti ? »
>
> Mathilde : « Ben en fait, il y a eu un hasard, comme j'ai fait le stage sur la démarche d'investigation il y a 2 semaines, ils nous ont présenté une séance sur les triangles en 5e, sur la construction de triangle, et c'était en ligne sur l'IREM de Clermont Ferrand. Moi je suis partie de là. » (Entretien pré-séance S')

L'analyse du niveau support met en évidence que, si de façon majoritaire, les ressources mères sélectionnées ont un support numérique, certaines n'ont pas, ou plus, de supports car les professeurs les ont égarés. Les professeurs sont toutefois capables de reconstruire ces ressources à partir d'évocations. Dans l'extrait d'entretien suivant par exemple, Mathieu donne des éléments

relatifs au scénario qu'il mettait en œuvre les années précédentes et qu'il indique comme *point de départ* de son travail de préparation :

> « Les années précédentes (...) on allait dehors, on allait mesurer des périmètres en mettant ses pieds bout à bout, (...) et on induisait tout (...) on faisait calculer le rapport périmètre mesuré divisé par le diamètre et on observait toujours la même chose et on enquillait (*continuait*) avec la proportionnalité. Là, ça ressemble à ça, mais j'ai essayé de centrer un peu plus sur mesurer et calculer » (Mathieu, entretien pré-séance S', 2)

Les professeurs sont encore en capacité de retrouver sur Internet leurs ressources égarées, qu'il s'agisse d'une version identique ou d'une version proche : en 2013, Mathieu utilise, pour partager sa ressource mère avec le chercheur et avec Mathilde, une ressource proche trouvée sur Internet dont il est en mesure de préciser les différences avec sa propre ressource. Nous décrivons en détail dans le § 7.2.1.1 comment Mathieu reconstruit progressivement sa ressource mère avec le soutien du chercheur. Ces analyses mettent en évidence que, bien qu'immatérielles, certaines ressources peuvent être remobilisées par un professeur pour son activité, pour être partagées avec un autre professeur dans un travail collaboratif, ou pour être communiquées au chercheur.

L'analyse des ressources mères, sélectionnées, fait émerger leurs caractéristiques communes. Pour tous les professeurs, il existe une ressource mère qui est reconnue comme essentielle pour initier leur préparation. Il s'agit d'une ressource centrée sur l'activité des élèves (les tâches et l'organisation des tâches). Elle appartient au système de ressources des professeurs, même si dans certains cas un élément déclencheur (apport contextuel, manque identifié, apport du collectif) peut conduire à sélectionner une nouvelle ressource. Notre analyse, complétée par celle plus approfondie que nous proposons dans notre étude de cas, atteste par ailleurs que les professeurs sont capables de communiquer au chercheur cette ressource mère, même lorsqu'ils n'ont plus son support matériel. Il s'agit alors d'une *ressource immatérielle et mémorielle*.

Cette ressource permet de caractériser la problématisation attendue par les élèves. Cette caractérisation est un appui pour modéliser la tâche experte contextualisée au thème choisi et pour comprendre en quoi cette ressource mère peut soutenir le WP_{HC}.

6.2.1.2. Les repères des MRG

La grille de description d'une MRD invite les professeurs à indiquer les repères qu'ils utilisent pour organiser leur travail de préparation :

- Les repères sont-ils effectivement renseignés ?
- Orientent-ils l'activité ?
- Sont-ils issus de la métaressource générique (MRG) du professeur, autrement dit les MRG sont-elles des ressources mères du travail de préparation ?

- En quoi leur usage peut concourir à des conceptualisations ?

Pour éclairer ces questions nous recherchons dans toutes les MRD produites par le collectif (la MRD produite en 2013 (étape1) révisée en 2013 (étape 2), puis en 2014 (étape 3) et la MRD' produite en 2014) si des repères sont indiqués, s'ils sont en lien avec le travail de préparation décrit et s'ils correspondent à ceux de la dernière MRG disponible au moment de la préparation. Le Tableau 47 répertorie tous les repères renseignés par les professeurs dans leurs différentes MRD (annexe 2). Les repères écrit en gras sont ceux qui sont nouveaux par rapport à la MRG, ceux qui sont en italique sont ceux qui ont été reformulés ou dont l'ordre a été modifié, ceux qui sont barrés sont ceux qui appartiennent à la MRG, mais qui n'ont pas été pris en compte dans la MRD.

	MRD$_{étape1}$ (2013)	**MRD$_{étape3}$ (2014)**	**MRD' (2014)**
Mathieu	Les objectifs pédagogiques (**le programme, la séance)** Les prérequis Le scénario L'aide Le choix du problème	*Cibler un thème une connaissance* *Choisir un problème* Le scénario Les connaissances *Anticiper les conjectures pour pouvoir apporter des aides*	*Cibler un thème une connaissance* *Choisir un problème* Le scénario Les connaissances *Anticiper les conjectures pour pouvoir apporter des aides*
Mathilde		*Les objectifs pédagogiques (*le programme, la séance) *Les prérequis* **Le scénario** **L'aide** *Le choix du problème* ~~Maintenir la motivation~~	*Cibler une connaissance ou une notion* *Trouver un problème* Elaboration d'un scénario Anticiper les hypothèses Prévoir les aides à apporter Créer les conditions permettant une argumentation de l'élève sur les hypothèses ou les conjectures
Fiana	Cibler une connaissance Mettre la connaissance sous forme de question **Connaissances nécessaires pour faire l'activité** Anticiper les hypothèses des élèves Construire la situation-problème ~~Prévoir des aides qui peuvent être que des indications orales pour les élèves bloqués sur la formulation d'hypothèses.~~	Cibler une connaissance *Mettre la connaissance sous forme de question* *Connaissances nécessaires pour faire l'activité* Anticiper les hypothèses des élèves ~~Identifier les aides à apporter aux élèves~~ Construire la situation-problème	Cibler une connaissance *Mettre la connaissance sous forme de question* *Connaissances nécessaires pour faire l'activité* Anticiper les hypothèses des élèves ~~Identifier les aides à apporter aux élèves~~ Construire la situation-problème
Billy	**Cibler une connaissance** Mobilisation des prérequis Elaboration d'une situation initiale Formulation du problème Emission d'hypothèse **Vérification et validation d'une hypothèse proposée**	Anticiper les hypothèses (annuellement) Cibler une connaissance Elaboration d'une situation-problème, choix du problème **et prérequis** Emission d'hypothèse Repère transversal : identifier les aides à apporter aux élèves	Anticiper les hypothèses (annuellement) Cibler une connaissance Elaboration d'une situation-problème, choix du problème **et prérequis** Emission d'hypothèse Repère transversal : identifier les aides à apporter aux élèves

Tableau 47 : Repères indiqués et utilisés dans les MRD (gras : non présents dans la MRG, italique : modifiés, barrés : non utilisés)

- ***Les MRG : un soutien au WP$_{HC}$***

L'analyse des repères utilisés par les professeurs dans leur MRD met en évidence que tous les professeurs utilisent des repères et qu'ils sont pour la plupart issus de leur MRG : ce résultat confirme que les MRG soutiennent le travail de préparation des professeurs. Cependant, les écarts

observés entre les repères décrits dans la MRG et ceux indiqués dans la MRD (repérés par le format de la police dans le Tableau 47) montrent que les MRG sont, comme souvent pour les ressources mères, remaniées pour être adaptées à la situation de travail. Par exemple, Fiana ajoute dans sa $MRD_{étape1}$ le repère « Connaissances nécessaires pour faire l'activité », elle pointe que ce repère n'appartenait pas à sa MRG : « Critère que je n'avais pas inscrit dans ma liste » (Tableau 49). Ce nouveau repère est lié à l'identification des prérequis des élèves sur les molécules, le modèle en sciences et la compressibilité des gaz et des difficultés rencontrées par les élèves pour comprendre le concept de modèle. Il est ensuite intégré à la version suivante de la MRG de Fiana sous la formulation « Identifier les connaissances, savoir-faire, savoir-être nécessaires pour faire l'activité ». La MRG est ainsi une ressource mère qui soutient le travail de préparation et qui peut être instrumentalisée suite à son utilisation.

- ***Les repères : des dimensions critiques de l'activité***

Les repères utilisés par les professeurs dans leur MRD sont en concordance direct avec la description de l'activité (exemple : Tableau 48 et Tableau 49).

Repères utilisés	Description du travail de préparation
Cibler une connaissance ou notion	La somme des angles d'un triangle est de 180°.
Trouver un problème	Pour cela faire la liste des tâches relatives à cette notion. Ou autrement dit, se poser la question à quoi ça sert ? Calculer une mesure d'angle manquante dans un triangle, en variant sur les données : triangle isocèle, rectangle...

Tableau 48 : Extrait de la MRD' de Mathilde

Repères utilisés	**Description du travail de préparation**
Critère que je n'avais pas inscrit dans ma liste -3- **Connaissances nécessaires pour faire l'activité**	- on aura vu sur l'air : les mots molécules (particule invisible à l'œil nu qui a une forme déterminée, une masse définie), l'air comme les autres gaz sont compressibles (le volume diminue mais la quantité de matière ne change pas) - explication de l'idée de modèle en sciences (la notion de modèle est une construction intellectuelle qui permet d'interpréter, de prévoir le réel, ce n'est pas une photographie du réel, je travaille aussi avec les élèves sur la différence entre image de synthèse / image réelle) Concept assez difficile à faire passer par mon expérience, je constate qu'en 3ème quand on reprend le modèle atomique : cette idée n'est pas encore évidente pour de nombreux élèves.

Tableau 49 : Extrait de la $MRD_{étape1}$ de Fiana. Les notions en jeu sont soulignées en rouge par Fiana.

Cette concordance montre que les repères correspondent aux buts généraux ou dimensions critiques qui orientent le travail documentaire. Nous n'avons pas indiqué les repères utilisés dans la $MRD_{étape2}$ dans le Tableau 47 car aucun professeur ne modifie ses repères durant la semaine qui sépare l'étape 1 et 2 ; seulement certains choix didactiques en lien avec ces repères sont révisés ou précisés. Cela met en évidence que les repères correspondent à des buts généraux ou dimensions critiques de l'activité ne sont pas remis en cause sur une durée si faible.

- ***Une dynamique entrelacée de conception dans l'usage des MRG et MRD***

Dans plusieurs cas, la production d'une MRD conduit à modifier les repères de la MRG qui en retour orientent l'activité. Nous illustrons les liens entre MRG, activité et MRD à partir des productions de Billy. En début d'année 2014, Billy ajoute un repère à sa MRG qu'il dénomme « Repère transversal : identifier les aides à apporter aux élèves », ce repère reprit dans ses MRD (MRD' et $MRD_{étape3}$), oriente la production ou la sélection d'aides pour l'élaboration d'hypothèses par les élèves. L'une des aides proposées dans la MRD' est par exemple un film sur un jongleur qui a pour objectif d'aider les élèves à identifier que les yeux reçoivent des informations qui jouent un rôle dans le mouvement. Nous interprétons cette aide comme un inducteur du problème relatif à la commande nerveuse du mouvement, pouvant contribuer à construire les conditions « le mouvement est adapté au milieu extérieur », « l'organisme prend des informations sur le milieu extérieur ». Ainsi, la production entrelacée de la MRG et de la MRD de Billy contribue à des évolutions du modèle opératif qui oriente son WP_{HC}.

L'analyse des repères dans les MRG, dans les MRD et des descriptions de l'activité dans les MRD mettent en évidence qu'une MRG est une ressource mère qui soutient le travail de préparation en orientant les buts généraux de l'activité. Etant donné que les repères sont systématiquement renseignés par les professeurs, ce sont des données importantes pour comprendre l'organisation du modèle opératif qui oriente la préparation. Nos analyses mettent également en évidence que la production des MRG et MRD s'inscrit dans une dynamique de conception dans l'usage qui participe à la fois d'une activité productive correspondant à la production d'une MRD, mais également constructive contribuant à des évolutions de la représentation de la situation de travail WP_{HC} matérialisée par la MRG ainsi qu'à des évolutions du modèle opératif qui oriente l'activité WP_{HC}.

6.2.2. Les ressources produites : MRD et ressources filles

La réalisation envisage la production des MRD à partir d'une alternance entre des phases d'interaction avec les membres du collectif et des phases de révision, cette dernière ayant pour objectif d'affiner la situation d'enseignement préparée et de produire les ressources manquantes pour la conduite de classe (§ 5.2.4.3). Par ailleurs, les MRD ont pour objectif d'engager les professeurs dans une explicitation de leur activité (§ 3.2.3.3) :

- Quelles sont les caractéristiques des MRD produites ?
- En quoi se distinguent-elles des *ressources filles* (§ 3.1.2) ?

Dans le § 6.2.2.1, nous analysons les MRD (annexe 2) afin de repérer leur *niveau de l'explicitation* (§ 3.1.2), puis nous repérons les ressources constituant les ressources filles produites au sein du

collectif (§ 6.2.2.2) afin de pouvoir comparer leurs niveaux constitutifs avec ceux des MRD, et de dégager les caractéristiques respectives de ces ressources (§ 6.2.2.3).

6.2.2.1. Le niveau de l'explicitation des MRD

Les MRD sont des ressources dont nous faisons l'hypothèse qu'elles engagent les professeurs dans une explicitation de leur activité et qu'en conséquence elles doivent posséder un *niveau constitutif* spécifique que nous avons dénommé le *niveau de l'explicitation*.

Pour repérer le niveau de l'explicitation, nous recherchons dans toutes les MRD (annexe 2) des éléments relatifs à la description et à la justification du travail de préparation, ainsi qu'aux prévisions qui lui sont liées. Nous distinguons les explicitations apportées par les professeurs lors de la production de leur MRD de celles apportées dans les réponses qu'ils effectuent aux commentaires introduits dans leur MRD.

Cette analyse met en évidence que chez tous les professeurs, quelle que soit l'étape de la production de la MRD, il est possible de mettre en évidence des éléments de *description*, de *justification* et de *prévision* qui caractérisent le *niveau de l'explicitation*, ces éléments étant plus systématiquement identifiés dans la MRD que dans les interactions qui lui sont associées (Tableau 50).

Ce niveau de l'explicitation permet de renseigner les différents éléments constitutifs des savoirs-processus qui guident les actions des professeurs. Par ailleurs, il est susceptible de renforcer la composante épistémique des médiations assurées par ces ressources, médiations entre le professeur et son activité, entre le professeur et lui-même et entre le professeur et les autres professeurs du collectif.

		Description	Justification	Prévision
Mathieu ($MRD_{étape2}$)	**MRD**	Nous avons modifié un peu la formulation et affiné le timing de l'activité.	L'idée principale de la modification du texte est que d'abord, les élèves ont quelque chose à chercher : « combien …? ».	Je ne pense pas que les élèves évoquent le périmètre ou l'aire.
	Réponse		Oui, c'est suite à une discussion avec Cécile.[46]	
Mathilde ($MRD_{étape3}$)	**MRD**	je compte voir en rituel[47] avant avec eux (la connaissance des angles alternes internes).	je veux amener les élèves à se poser la question que nous leur avions posée, pour une meilleure appropriation du problème.	Procédures attendues : 104 : 4 = 26, donc ils vont tracer un carré de côté 26, puis peut-être compter ensuite s'il y a 104 carreaux gris.
	Réponse	je prévoirai des aides du type triangles pré-dessinés où je noterai dessus les mesures des 3 angles.	c'est pourquoi j'ai changé d'idée et que je les incite dès le début à dessiner plusieurs triangles avec des mesures d'angles différentes.	ça je ne m'inquiète pas trop car on l'a déjà fait et ils sont rentrés dedans ou au pire ils demanderont.
Fiana ($MRD_{étape1}$)	**MRD**	j'ai regardé des manuels : rien de très intéressant	Comme nous aurons fini la partie sur l'air et que la compression d'un gaz aura été vue mais non expliquée Il me semble logique de cibler « Comment expliquer qu'un gaz d'un point de vue microscopique se comprime ?	Les élèves peuvent prévoir des molécules bien rangées dans un coin de la seringue puis quand on comprime le piston avance jusqu'à ces molécules (…)
	Réponse	selon le temps soit les élèves réfléchissent à une formulation en individuelle soit on fera cela ensemble à l'oral.	l'intervention du 3ème élève a été mise pour que les élèves ne partent pas dans tous les sens et qu'on s'intéresse bien à une analyse microscopique.	Si un groupe veut me représenter une molécule avec des petits triangles, il n'y a pas de problème, par contre le triangle doit garder la même taille la même couleur pour toutes les molécules qui lui correspondent.
Billy (MRD')	**MRD**	J'ai décidé de modifier l'ordre de mes repères par rapport à l'année dernière en appliquant ma proposition de présentation des repères du document synthétique présent dans le fichier : « Préparation réunion janvier 2014 »	cette activité a été sélectionnée car elle a l'avantage de permettre de formuler des hypothèses multiples tout en laissant la possibilité aux élèves de pouvoir justifier leurs choix	Ce film permettra aux élèves de compléter leurs premières hypothèses ainsi que leurs argumentations
	Réponse			J'espère que les élèves auront ce réflexe et dans le cas contraire je ferais dans notre mise en commun des phrases qui auront la tournure que tu proposes

Tableau 50 : éléments caractérisant le *niveau de l'explicitation* des MRD.

[46] Réponse à la question de Filomène : « Vous avez bien fait de modifier le texte. Le mot "stratégie" risquant de déstabiliser certains élèves.) »

[47] Un « rituel » est pour ce professeur une évaluation diagnostique consistant à poser 5 questions en 5 minutes au début du cours.

6.2.2.2. Les constituants des ressources filles

Nous analysons les constituants des ressources filles pour les deux situations préparées par chaque professeur : la situation 2013 (S_{2013}), qui est révisée et remise en jeu en 2014 (S_{2014}), et la situation préparée en 2014 (S'_{2014}). Le résultat de cette analyse est présenté dans le Tableau 51.

	S_{2013}	S_{2014}	S'_{2014}
Mathieu	Fiche d'activité Fiche ressource Affiche	Fiche scénario Diaporama : scénario, tâches, ressources, aides Animation Fiche d'activité Fiche d'aide	Logiciel et fichier geogebra Matériel expérimental Fiche ressource Tableau de réponse : format papier + format numérique pour le TNI
Mathilde	Fiche d'activité intégrée dans une feuille A3 Fiche ressource	Diaporama : scénario, tâches, ressources Fiche d'activité Fiche scénario Affiche	Diaporama 1 (évaluation diagnostique) Diaporama 2 (scénario, tâches, ressources) Fiche ressource Affiche
Fiana	Diaporama : objectif, plan, tâches, ressources Fiches d'activité (2) Pos-tit Affiche Matériel expérimental Fiche scénario	Diaporama : objectif, plan, tâches, ressources Fiche d'activité (2) Fiche d'évaluation élève Affiche Matériel expérimental Fiche scénario	Diaporama : objectif, plan, tâches, ressources Fiche d'activité Affiche (2) Fiche scénario
Billy	Fiche d'activité Animation Carte géologique Plan et résumé du cours (fichier numérique) Maquette	Fiche d'activité Plan et résumé du cours Maquette	Fiche d'activité Fiche aide Vidéo, photo Diaporama (problème, plan, résumé du cours, ressources)

Tableau 51 : constituants des ressources filles produites au sein du collectif.

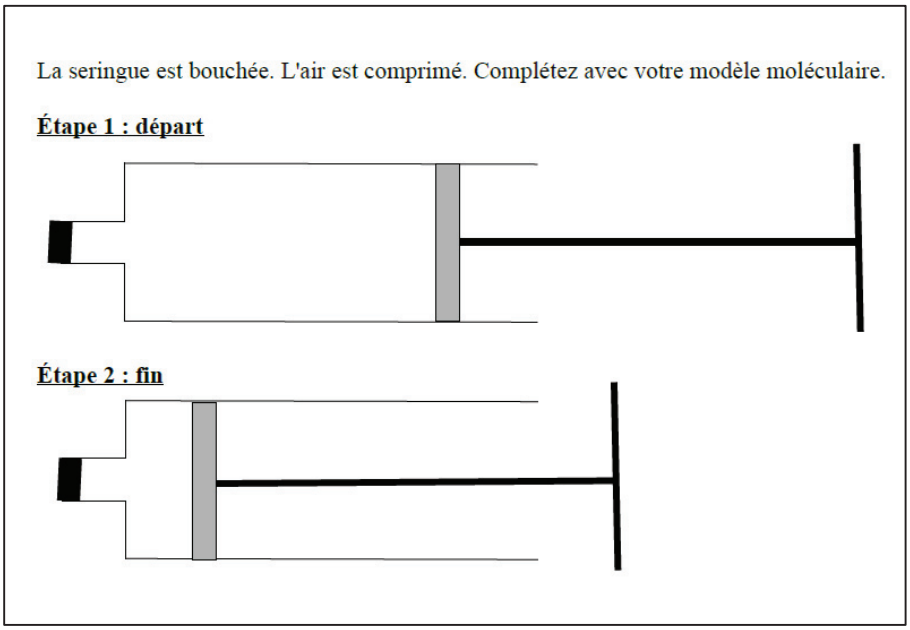
Les constituants des ressources filles se différencient par leur origine et leur(s) destinataire(s) :

- certains sont produits pour la situation préparée ou sont retravaillés par le professeur à partir de ressources existantes. Il s'agit de diverses fiches papier ayant pour fonction de soutenir l'activité des élèves ou d'un groupe d'élèves ou d'un élève particulier. Ce sont des fiches d'activité qui présentent les tâches à effectuer par les élèves avec les ressources nécessaires, des fiches ressources nécessaires pour réaliser une tâche, des fiches d'aide, des fiches d'évaluation. Il s'agit également de ressources ayant pour fonction de soutenir l'activité des professeurs : des fiches scénario, des traces écrites du plan et du résumé du cours. Il s'agit pour finir de diaporamas qui peuvent soutenir l'activité des élèves dans la classe ou celle du professeur ;
- d'autres constituants de la ressource fille sont sélectionnés pour soutenir l'activité des élèves (vidéo, photo, animation, logiciel, matériel expérimental, maquette, affiche, post-it).

Si la composition des ressources filles présente des variations d'une séance à l'autre et d'un professeur à l'autre (Tableau 51), nous soulignons les quatre résultats suivants :

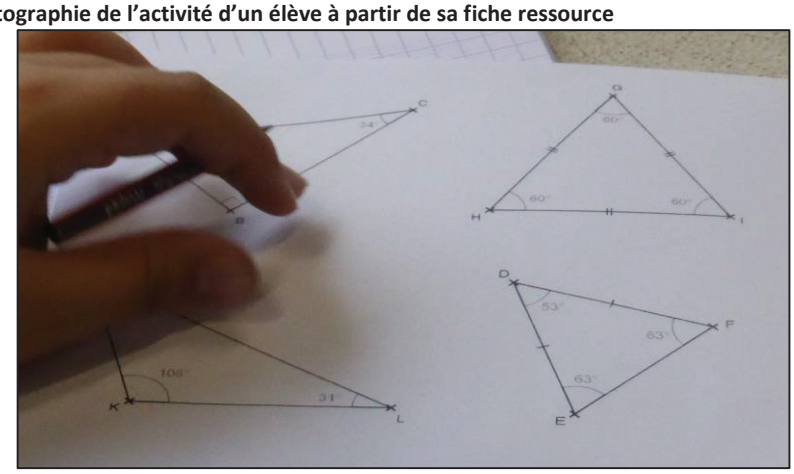
(1) Toutes les ressources filles intègrent une fiche qui a pour objectif de soutenir l'activité des élèves. Cette fiche présente la ou les tâches à effectuer, les ressources nécessaires et propose un gabarit qui permet aux élèves de faire part de leur réponse ou de leur recherche (

(2) Encadré 8). Dans les fiches d'activité de la S'_{2014} de Mathieu et de Mathilde, la tâche à effectuer n'est pas indiquée, elle est projetée à partir d'une diapositive (Encadré 9). Il s'agit alors d'un constituant possédant deux supports complémentaires. Nous mettons ce résultat en relation avec celui obtenu dans le § 6.2.1 qui met en évidence que la ressource mère essentielle qui oriente la préparation des professeurs est une ressource du type « fiche d'activité ». Pour tous les professeurs et pour différentes situations d'enseignement, ce type de ressource semble d'une part initier et organiser la préparation et d'autre part soutenir sa mise en jeu dans la classe. Durant ces deux moments la fiche de préparation articule et agrège les autres constituants de la ressource fille. Entre deux utilisations de la ressource fille, elle parait être le premier constituant qui revient en mémoire. Ces caractéristiques font de la fiche d'activité une *ressource pivot* (§ 3.1.2.2) du travail de préparation pour les différents professeurs.



Encadré 8 : Fiche d'activité de la ressource fille de la S_{2013} de Fiana

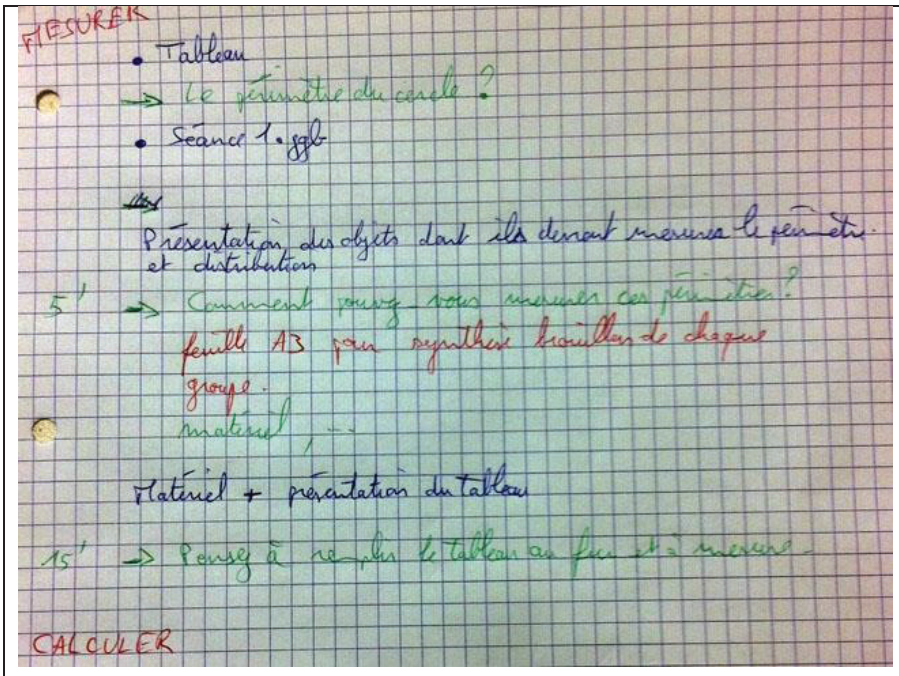
Photographie de l'activité d'un élève à partir de sa fiche ressource



Tâche indiquée sur une diapositive :
Sur une feuille posée sur le bureau, j'ai dessiné un triangle dont 2 angles mesurent 57 et 45 degrés.
Si on connait les mesures de 2 angles dans un triangle comment faire pour connaitre la 3e mesure par un calcul ?

Encadré 9 : Fiche ressource et diapositive de la ressource fille de la S'$_{2014}$ de Mathilde

(3) La ressource fille ne possède pas toujours de constituant destiné à soutenir l'activité du professeur en classe. Ce type de constituant est absent chez Mathieu et Mathilde pour S2013. Par ailleurs, ce constituant peut prendre des formes différentes selon les situations et selon les professeurs : elle peut correspondre à un scénario (Encadré 10), au plan et résumé du cours (Encadré 11) ou aux deux (Encadré 12). Le support de ce constituant peut varier, il s'agit d'une fiche papier ou d'un fichier numérique (texte ou diaporama). Nous n'avons repéré la présence d'un résumé du cours que dans les ressources filles des professeurs de SVT et SPC. La mise en texte du savoir joue-t-elle un rôle de structuration des connaissances plus fort dans ces disciplines ? Les connaissances visées par la résolution des problèmes mathématiques (la lettre en algèbre, le périmètre du cercle et la somme des angles d'un triangle en 6e ou 5e) sont-elles suffisamment maîtrisées par les professeurs pour ne pas avoir besoin d'anticiper la trace écrite des élèves ?


MESURER

- Tableau

→ Le périmètre du cercle ?

- Séance 1.ggb

Présentation des objets dont ils devront mesurer le périmètre et distribution

5' → Comment pouvez-vous mesurer ces périmètres ?

feuille A3 pour synthèse brouillon de chaque groupe.

matériel, ...

Matériel + présentation du tableau

15' → Pensez à remplir le tableau au fur et à mesure.

CALCULER

Encadré 10 : Fiche scénario de Mathieu (S'_{2014})

Chapitre 2 : L'organisme en mouvement

Observation : Le danseur a l'art de faire bouger son corps avec une suite de mouvements ordonnés, souvent rythmés par de la musique.

Problème : Comment l'organisme réalise-t-il ses mouvements ?

De quels organes se sert-il pour réaliser cette activité ?

1. La commande du mouvement

La commande du mouvement est assurée par deux centres nerveux :

- le cerveau
- la moelle épinière

Elle est ensuite transmise aux muscles par des nerfs moteurs.

Les muscles effectuent ou exécutent le mouvement : ce sont les organes effecteurs du mouvement.

Encadré 11 : Extrait du plan et du résumé du cours de Billy (S'_{2014})

Déroulement de la séance

1) Accueil des élèves, il note leur devoir (exercice 6 p. 28)
2) présentation de la situation problème (vidéo projetée +fiche)- fiche collée dans le cahier d'exercices.
3) formulation de la question scientifique qui est sous-entendue dans le problème
réflexion individuelle, je passe dans les rangs pour repérer les élèves qui ont une proposition (5 min)
mise en commun --> formulation avec mon aide d'une question (5min)
4) mise en groupe (par4) : chaque groupe à 1 fiche A4 avec deux seringues bouchées comme brouillon, puis une affiche plus grande qui sera mise au tableau. ils doivent proposer un schéma qui correspond à leur modèle moléculaire (10 min + un rappel 5 min de plus)
5) les élèves doivent écrire sur leur cahier : quelles sont les propriétés des molécules dessinées (reformulation de la question de ma part à voix haute et inscription sur le tableau : comment votre modèle moléculaire permet-il d'expliquer la compression de l'air/la non compression de l'eau ?) (10 min)
6) les affiches sont échangées entre les 2 groupes sur l'eau et les 2 groupes sur l'air (le modèle proposé est-il valide ?--> 10 min de réflexion)
7) les affiches sont mises au tableau : débat avec la classe
quels modèles ne peuvent pas être retenus et pourquoi ?
dès qu'une idée est validée --> trace écrite sur le cahier.

Bilan des élèves

Le modèle moléculaire a pour propriétés :
* Une molécule est une particule qui ne change pas de forme, taille. Elle est invariante.
* Dans un mélange, les molécules sont différentes / Dans un corps pur, les molécules sont identiques.
* Le nombre de molécules correspond à la quantité de matière (masse)
* Dans un gaz, il y a du vide entre les molécules.

Encadré 12 : Fiche scénario et résumé du cours de Fiana (S_{2013})

(4) Il existe des évolutions de la composition de la ressource fille que nous relions à la participation des professeurs au collectif. Nous relions par exemple l'apparition des diaporamas dans les ressources filles de Mathieu, Mathilde et Billy aux bénéfices qu'ils expriment avoir retirés de leurs observations de Fiana qui utilise cette ressource pour scénariser son enseignement (§ 6.1.3). Nous relions également la composante matérielle de la ressource fille de la deuxième situation d'enseignement préparé par Mathieu (ficelle, mètre ruban, règle, CD-Rom, boites de conserve, assiette en carton) au fait que les deux professeurs de mathématiques expriment à diverses reprises au cours des focus groups leur intérêt pour la manipulation de matériel en sciences expérimentales.

(5) Les ressources filles des professeurs ont une composition qui varie au cours du temps et d'un professeur à l'autre. Ces variations sont intéressantes à prendre en compte pour apprécier des évolutions des conceptualisations qui orientent un WP_{HC} et pour repérer des effets du collectif.

6.2.2.3. Comparaisons des MRD et des ressources filles

Afin de dégager les spécificités des MRD par rapport aux ressources filles, nous comparons les différents niveaux constitutifs de ces ressources.

L'analyse du *niveau des supports matériel* met en évidence que si le support d'une MRD est un fichier numérique collaboratif, celui des ressources filles se caractérise par leur diversité. Elles peuvent être des fiches papier issues d'un fichier numérique, des affiches, des post-it, du matériel expérimental, des diaporamas, des vidéos, des animations, des logiciels, des photos. Par ailleurs, la mise en œuvre d'une ressource fille peut nécessiter un ordinateur, un tableau numérique interactif, un vidéoprojecteur, une disposition particulière des tables.

L'analyse du *niveau des contenus* montre que les MRD et les ressources filles présentent des éléments relatifs à la problématisation choisie pour engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Ce sont des éléments relatifs au savoir de référence, au problème, à ses conditions et ses données, aux inducteurs de problématisation (Tableau 52, Tableau 53).

Extrait de la MRD' de Billy	Analyse du contenu
Au début de ma séance je démarre en expliquant que l'on a vu précédemment un premier type de communication au sein de l'organisme avec le rôle des hormones dans l'apparition des caractères sexuels primaires et secondaires. Je leur propose d'étudier un deuxième type de communication dans l'organisme qui a un rôle dans la commande de nos mouvements. Pour cela je leur propose d'observer un film atelier chorégraphique de la classe) qui sera le point de départ de notre étude. (…) A partir de cette situation initiale, les élèves devront collectivement formuler le problème qui est suggéré par celle-ci. Exemples : Quels sont les organes nécessaires à la réalisation d'un mouvement ? Quels organes permettent de contrôler le mouvement ? Comment l'organisme réalise-t-il ses mouvements ? De quels organes se sert-on pour faire un mouvement ? Qu'est ce qui déclenche un mouvement ? etc… A partir de ces propositions nous prendrons le temps d'écrire le titre du chapitre et le problème à résoudre.	**Savoir de référence** La commande nerveuse du mouvement. **Problème** Comment sont commandés les mouvements ? **Inducteur de positionnement du problème** Une vidéo montrant les élèves de la classe durant un atelier chorégraphique **Données et conditions du problème** - la commande du mouvement met en jeu une communication au sein de l'organisme ; - cette communication s'appuie sur des organes ; - des organes exercent un contrôle sur le mouvement ; - un mouvement est déclenché par un stimulus.

Tableau 52 : Analyse du contenu de l'extrait de la MRD' de Billy (2014)

Fiche aide de la ressource fille (S'_{2014}) de Billy	Analyse du contenu
Aide n°3 à la formulation d'une hypothèse **Texte sur la prévention des accidents de plongeon** Chaque année, en France, une dizaine de personnes subit une fracture à la colonne vertébrale à la suite d'un plongeon en eau peu profonde, que ce soit dans les cours d'eau naturels ou les piscines. Il en résulte des séquelles permanentes à la moelle épinière (= élément logé dans la colonne vertébrale) causant une tétraplégie, c'est-à-dire une paralysie complète ou partielle des bras et des jambes. Ces lésions peuvent toucher n'importe qui, puisqu'elles sont le résultat d'un accident, mais auraient généralement pu être évitées si ceux qui en ont été victimes et leur entourage avaient été informés des dangers encourus.	**Inducteur de problématisation** Ce texte est une aide pour identifier : - la nécessité : « les mouvements sont commandés par des centres nerveux » ; - la donnée : « La moelle épinière est un centre nerveux »

Tableau 53 : Analyse du contenu de la fiche aide de la ressource fille de Billy (S'_{2014}).

L'analyse du niveau des *éléments relatifs à l'exploitation en classe et à la planification* met en évidence dans ces *deux types de ressources* des indications sur l'enchainement et la durée des tâches à réaliser, sur des modalités de regroupement, sur les moments où des ressources doivent être introduites comme par exemple dans la fiche scénario de Mathieu (Encadré 10) ou dans l'extrait suivant de Mathilde :

> « Modalité : en groupe (je commencerai le travail en M1 (15 min) et je terminerai en M4) » (Mathilde, MRD').

Cependant, concernant ces deux niveaux constitutifs, nous pointons deux différences entre les MRD et les ressources filles :

- premièrement, si toutes les MRD peuvent être décrites à partir des deux niveaux précédents, tous les constituants d'une ressource fille ne peuvent pas l'être. En effet, certains constituants sont vierges de contenu et d'éléments relatifs à l'exploitation et la planification. Ce sont les affiches, les post-it, certaines diapositives. Ces ressources jouent cependant un rôle important en classe lors de phases de réflexion et de mutualisation. Par ailleurs, si les

fiches d'activité, de scénario et les diaporamas présentent des informations pour soutenir la gestion didactique de la ressource fille dans la classe, les autres constituants comme les photos, les vidéos, les animations, les logiciels, les fiches ressources ne portent pas ce type d'information ;

- deuxièmement, si par définition une ressource fille est finalisée, c'est à dire qu'elle est prête pour son usage en classe, plusieurs indices montrent qu'une MRD ne l'est pas. En effet, les choix didactiques, les ressources envisagées ne se retrouvent pas toujours à l'identique dans la MRD et dans la ressource fille. Par exemple, Fiana introduit dans sa ressource fille (S_{2013}) des post-its pour soutenir l'argumentation des élèves, or ceux-ci n'étaient pas mentionnés dans la MRD car Fiana a pensé à cette technique d'animation la veille. Mathieu reformule le problème énoncé dans la MRD, la formulation « Indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré » (MRD_{2013}) devient, dans la ressource fille, « Décrivez une méthode pour trouver le nombre de carreaux sur le côté d'un carré ». Par ailleurs, les questionnements et les choix alternatifs exprimés dans les MRD mettent également en évidence que les choix opérés ne sont pas finalisés :

  « Je me demande si ce n'est pas un peu court et s'il ne serait pas intéressant de comparer avec la non-compressibilité de l'eau. » (Fiana, $MRD_{étape1}$)

  « Je me demande si ce ne serait pas mieux de commencer tout de suite par la question : « si on connait les mesures de 2 angles dans un triangle, comment peut-on connaître la mesure du 3ème angle par un calcul ? » » (Mathilde, MRD')

  « J'ai envisagé de donner 3 carrés consécutifs. Mais j'ai peur d'induire une méthode pour la suite. Qu'en pensez-vous ? Sinon, je reprends le même document que l'année dernière. Je peux encore leur proposer de retrouver 1 ou 2 nombres » (Mathieu, $MRD_{étape3}$)

L'analyse du *niveau de l'explicitation* est spécifique à la MRD (§ 6.2.2). Il révèle des actions et des usages de ressources qui sont gommés dans la ressource fille. Ce sont par exemple :

- l'analyse des prérequis des élèves :

  « A partir de la séance précédente les élèves devront maîtriser les définitions de lithosphère océanique, de lithosphère continentale et d'asthénosphère. » (Billy, $MRD_{étape3}$).

- L'analyse des programmes :

  « Différents phénomènes comme la compression des gaz/la non compression de l'eau ; la différence entre corps purs et mélanges ; la différence entre les 3 états de la matière ; la conservation de la masse pendant une dissolution. » (Fiana, $MRD_{étape1}$)

- L'analyse de la mise en œuvre de la séance l'année précédente et lecture des grilles d'analyse des observateurs :

  « J'ai essayé de me rappeler ce qui m'avait interpellée l'année dernière pendant la préparation, pendant la séance et en analysant les propositions des élèves :

  - la formulation de la question : c'est trop long

- le mot molécule doit-il être dans la fiche élève (discours du 3ème élève)

- plusieurs groupes (dans mon souvenir : 3), ont expliqués leurs schémas en disant qu'entre les formes (rondes ou en ligne ou …), il y a la matière eau/air et que les formes dessinées c'est les molécules !!!!! Or les molécules = matières : je ne comprends pas d'où vient ce raisonnement. Après j'ai relu les fiches et surtout celles avec vos commentaires après la séance. » (Fiana, $MRD_{étape3}$)

- La présentation de choix qui ont ensuite été abandonnés :

  « Dans un premier temps, pour donner du sens à notre problème, nous avons pensé à construire un contexte, et nous pensions parler de mosaïque sur le sol d'une pièce du château de Versailles (...), et nous avons abandonné cette idée pour finalement proposer un problème dépourvu de contexte » ($MRD_{étape1}$)

L'analyse des constituants des ressources filles et des MRD met en évidence qu'une ressource fille se différencie d'une MRD par la *diversité de ses constituants* (diversité de support, de fonction, de destinataire), par leur *organisation dans la classe* (ils sont réunis et organisés dans l'espace de la classe et sont introduits auprès des élèves au gré de l'avancée didactique). Une MRD se différencie d'une ressource-fille par son *support unique*, un fichier numérique collaboratif qui permet un partage aisé, *son niveau d'explicitation* de l'activité et *son caractère non encore opérationnel*. Une MRD est donc une *ressource intermédiaire* (§ 3.1.2.2) qui permet de saisir le processus de conception d'une ressource fille en révélant des éléments non communiqués dans la ressource fille. La ressource fille rend compte des choix finalisés. Ainsi, les MRD et les ressources filles sont des ressources distinctes qui possèdent des caractéristiques complémentaires pour inférer le modèle opératif qui oriente un travail de préparation.

6.2.3. Les genèses documentaires codisciplinaires effectives

Les analyses des différentes ressources en jeu dans un WP_{HC} (§ 6.2) permettent de modéliser le travail de préparation effectif des professeurs en montrant les liens existant entre les différentes ressources (MRD, MRG, ressources mères « essentielles », ressources filles) et les moments d'interactions au sein du collectif. Le § 6.2.3.1 propose une modélisation du WP_{HC} dans le cadre de la réalisation. Le § 6.2.3.2 souligne des variations interindividuelles de cette modélisation.

6.2.3.1. Modélisation du WPHC au sein du collectif

Cette modélisation a pour objectif de mettre en évidence les ressources effectivement utilisées et produites au sein du collectif de façon à identifier les genèses documentaires qui contribuent au travail de préparation.

La Figure 16 dégage les caractéristiques du travail de préparation tel qu'il a été observé au sein du collectif en différenciant les principales actions (en noir), les ressources produites par le collectif (en

rouge) et celles produites par le professeur (en vert). Le décours des actions est repéré par les flèches.

La production d'une MRD est initiée à partir de la sélection de repères de la MRG et d'une ressource mère qui oriente la problématisation, c'est-à-dire le savoir de référence et la façon dont il peut être questionné (§ 6.2.1). Cette ressource mère est, soit issue d'une ressource fille du système de ressources du professeur, soit une ressource nouvellement sélectionnée (A). Sa mise au travail, à partir d'autres ressources mères sélectionnées, comme par exemple les programmes, permet de produire une MRD (B). Une MRD est une ressource qui oriente les choix didactiques qui guident la production ou la révision de la ressource fille (D) avant sa mise en jeu dans la classe (E). Plusieurs phases de révision de la MRD permettent d'affiner ces choix, l'objectif étant d'améliorer la ressource fille afin qu'elle contribue à engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Ces révisions s'appuient sur des MRG révisées et sur des ressources issues des interactions avec le collectif. La première année de conception, les interactions sont les commentaires introduits dans la MRD (révisions C), la deuxième année ce sont les grilles d'analyse rédigées à la suite des observations croisées (révisions F) auxquelles s'ajoute la grille d'analyse du professeur concepteur qui conserve des traces des rétroactions de la mise en jeu de sa ressource fille. D'une façon générale, les phases B, C, D et F sont enrichies par la sélection d'autres ressources mères qui sont issues du système de ressources du professeur ou qui sont nouvellement sélectionnées par le professeur. Par ailleurs, l'activité du collectif (focus groups, observations croisées) contribue à réviser la MRG. Pour ne pas surcharger la figure, nous avons fait le choix de ne pas indiquer ces autres éléments.

Cette modélisation du travail documentaire souligne d'une part le rôle effectif des métaressources et du collectif dans la production d'une ressource fille et d'autre part la place des connaissances professionnelles qui guident les usages des différentes ressources mères pour la production ou la révision d'une MRD ou d'une ressource fille. Il s'agit d'une modélisation des genèses codisciplinaires qui ont lieu au cours d'un WP_{HC}.

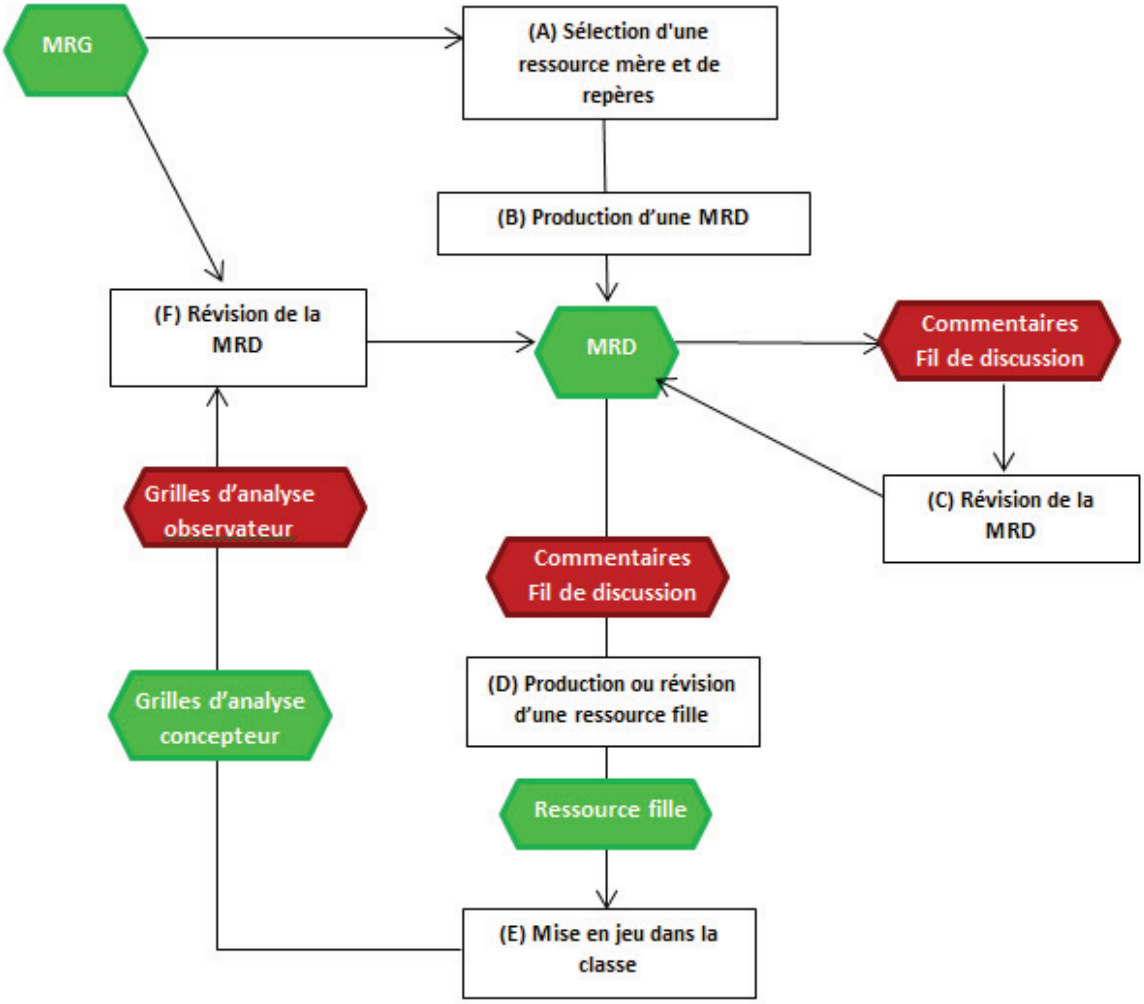


Figure 16 : Modélisation du WP_{HC} au sein du collectif (en vert, les ressources du professeur, en rouge les ressources du collectif)

6.2.3.2. Variation des modalités de production des MRD au sein du collectif

Si le modèle du WP_{HC} proposé dans le paragraphe 6.2.3.1 rend compte de façon assez fidèle de l'activité des professeurs du collectif, on peut cependant souligner des variations chez Billy. Pour les deux situations d'enseignement qu'il prépare, il produit en parallèle la MRD et les ressources nécessaires à la conduite de classe. En 2013 et 2014, lorsqu'il soumet sa MRD au collectif, toutes les ressources de la ressource fille recensées dans le Tableau 51 sont présentées au collectif (même si elles ne sont pas exactement identiques). Nous relions cette modalité de production aux faibles habitudes de Billy à travailler avec d'autres (§ 5.2.2.3) et à sa participation au collectif qui en résulte (§ 6.1.2). Il en découle que les écarts entre les choix didactiques opérés dans les MRD et ceux qui se retrouvent dans les ressources filles sont plus faibles chez ce professeur que chez les autres. Par ailleurs, nous n'avons pas trouvé de traces de questionnement ou de propositions alternatives dans

les MRD de Billy. La première année, s'il effectue quelques révisions suite aux commentaires du collectif, il a surtout tendance à défendre ses choix, ce qui n'est pas très bien ressenti par Fiana, Filomène et Mathilde (§ 6.1.1) :

> « D'après les remarques de Fiana et Filomène qui trouvent que je guide trop les élèves vers l'hypothèse, j'ai décidé de laisser les consignes d'utilisation de la boite, mais de supprimer l'avant dernier point afin qu'ils recherchent avec un peu plus de liberté une hypothèse.
>
> Concernant l'attente d'une activité plus « bouillonnante » et avec un profil GFEN (remarque de Mathilde), j'en appellerais à ma liberté pédagogique et à mon choix personnel de vouloir une activité un peu trop cadrée mais dans laquelle des élèves du type Germaine Tillon se sentent plus en confiance (...) à partir des remarques de Fiana et Mathilde qui trouve que je pourrais me passer de la maquette, et de demander directement une hypothèse après le document de départ, je répondrais que oui c'est possible (...) mais dans le cadre de notre projet, j'ai décidé d'inventer un support qui motive et incite tout les élèves à travailler autours de la proposition d'hypothèse : c'est un choix que je me dois d'assumer. » (Billy, $MRD_{étape2}$)

Cette difficulté de Billy à remettre en cause ses choix montre que l'engagement dans une ressource finalisée affaiblit la possibilité de remettre en cause les choix qui ont guidé sa conception. Toutefois, il est intéressant de noter qu'en 2014, lors de la révision de la situation d'enseignement préparée en 2013, Billy prend en compte un grand nombre de remarques qui lui sont apportées dans les grilles d'analyse rédigées par Fiana, Filomène et Mathilde suite à l'observation de sa séance. Si, dans l'action, Billy éprouve des difficultés à prendre en compte des remarques qui nécessitent de remettre en cause ses choix didactiques, les ressources sélectionnées et produites, la prise de recul suite à la mise en jeu dans la classe semble faciliter une remise en question.

Le premier résultat conforte celui de Hammoud (2012) selon lequel les interactions au sein d'un collectif ont d'autant plus d'effet sur la conception d'une ressource qu'elles interviennent en amont dans la conception. Le second résultat montre deux autres conditions pouvant influencer les effets des interactions du collectif sur la conception d'une ressource, sans que nos choix méthodologiques ne permettent d'apprécier l'effet dissocié de l'un et de l'autre : des interactions qui s'appuient sur la mise en jeu en classe, un délai important entre la conception et la prise en compte des interactions augmentent les effets du collectif.

Les modalités du travail de préparation mis en œuvre par le collectif attribuent une place spécifique à la MRD. Elle occupe une place centrale en guidant la production et la révision des ressources filles, en supportant les interactions du collectif, en possédant un niveau d'explicitation qui rend visible au chercheur et aux membres du collectif les processus du travail de préparation. La posture de Billy face au travail collectif freine les potentialités de cette ressource.

L'analyse de la participation à la réalisation ainsi que celle du travail de préparation au sein du collectif met en évidence qu'il existe des genèses documentaires codisciplinaires de métaressources (MRG et MRD) et de ressources filles au sein du collectif. L'objet de notre recherche est d'approfondir l'étude du bénéfice retiré par les professeurs de leur participation à ce collectif codisciplinaire en étudiant les connaissances qui sont au cœur du travail de préparation. Les MRD (des ressources possédant un niveau de l'explicitation) et les ressources filles (des ressources qui marquent les choix finaux) sont des données essentielles pour identifier les éléments constitutifs des savoir-processus et pour étudier des évolutions du modèle opératif qui oriente un WP_{HC}. Toutefois, lorsque la MRD a en partie perdu son caractère de ressource intermédiaire, comme chez Billy, cette ressource possède alors un potentiel méthodologique affaibli pour l'étude du modèle opératif.

7. Analyse des évolutions du modèle opératif de Mathieu

Dans un premier temps, de façon à comprendre des évolutions du modèle opératif de Mathieu nous analysons la situation de travail de Mathieu (§ 7.1) ainsi que les ressources mères et ressources filles produites (§ 7.2). Dans un second temps nous modélisons la tâche experte contextualisée au thème disciplinaire de la situation travaillée (§ 7.3). Dans un troisième temps nous analysons des évolutions des savoirs-processus (§ 7.4) puis du modèle opératif (§ 7.5).

Cette section analyse des évolutions du modèle opératif à partir de la situation d'enseignement S, conçue en 2013 et révisée en 2014 (§ 5.4.1.2). Afin d'alléger la rédaction, nous traduirons dans cette section l'expression « entretien pré-séance de la situation S en 2013 » par « entretien 2013 » et « entretien pré-séance de la situation S en 2014 » par « entretien 2014 ». Les annexes correspondantes sont :

- l'annexe 2.2.1: les 3 étapes de production des MRD de la situation S,
- l'annexe 4 : les grilles d'analyse des observateurs de la situation S de Mathieu
- l'annexe 6.1 : les transcriptions d'entretien de Mathieu.

7.1. La situation de travail de Mathieu

Nous présentons dans cette partie les différents éléments qui caractérisent la situation de travail de Mathieu et ses évolutions entre les années 2013 et 2014 : le contexte du travail de préparation (§ 7.1.1), le travail collectif qui soutient l'activité de Mathieu (§ 7.2.1) et les métaressources génériques susceptibles d'instrumenter son travail de préparation (§ 7.1.3).

7.1.1. Le contexte du WP_{HC}

Nous présentons le thème disciplinaire et les niveaux scolaires choisis par Mathieu (§ 7.1.1.1), le calendrier (§ 7.1.1.2) ainsi que le travail collectif disciplinaire (§ 7.1.2) et codisciplinaire (§ 7.1.2.2) qui soutiennent le travail de préparation de Mathieu en 2013 et 2014.

7.1.1.1. Le thème disciplinaire et les niveaux scolaires

Le travail de préparation de Mathieu porte sur le calcul littéral à partir d'une *situation didactique* (§ 5.1.1.4) que Combier, Guillaume, &Pressiat (1996) ont décrit sous l'appellation « Carrés bordés ». Cette situation consiste à déterminer le nombre de carreaux sur le contour d'un carré à partir du nombre de carreaux sur le côté. Cette situation est devenue assez emblématique d'une partie des attentes officielles de l'enseignement de l'algèbre au collège concernant la production et l'usage de formules (Coulange & Grugeon, 2008). On en retrouve de nombreuses instanciations, comme par exemple dans des documents institutionnels (le document d'accompagnement Eduscol 2008 « Du

numérique au littéral »[48]), sur des sites d'enseignants[49] ou associatifs comme le site de La Casemath[50].

La première année, Mathieu prépare cette situation pour des élèves de 5e (classe de 24 élèves), la deuxième année, n'ayant plus ce niveau scolaire, il la propose à des élèves de 6e (classe de 20 élèves).

7.1.1.2. Le calendrier

Le travail de préparation de Mathieu s'appuie sur la production d'une MRD et sur des phases d'interactions, selon les modalités présentées dans le § 5.2.4.3. En 2013, le calendrier est guidé par le chercheur, en 2014 il est défini par Mathieu. En 2013, le WP_{HC} se déroule sur 7 semaines, du 9 avril au 27 mai (Figure 17). Cette durée est plus longue que pour les autres professeurs du fait des vacances scolaires qui sont intercalées. En 2014, les révisions de la MRD et de la ressource fille s'effectuent sur 3 semaines entre le 30 décembre et le 20 janvier (Figure 18). L'historique du fichier en ligne de la MRD montre que chacune de ses versions (étape 1, étape 2 et étape 3) est produite en deux phases : une phase de production individuelle d'une durée inférieure à une heure et une phase d'interaction d'une dizaine de jours. En 2014, l'entretien pré-séance ayant lieu le jour de l'observation de la séance, Mathieu présente au chercheur les différents constituants matériel de la ressource fille qui sont finalisés. En 2013, l'entretien pré-séance a lieu après la phase d'interaction avec le collectif, avant la production de la ressource fille, le repérage de ses constituants s'effectue donc au cours de l'observation de la séance.

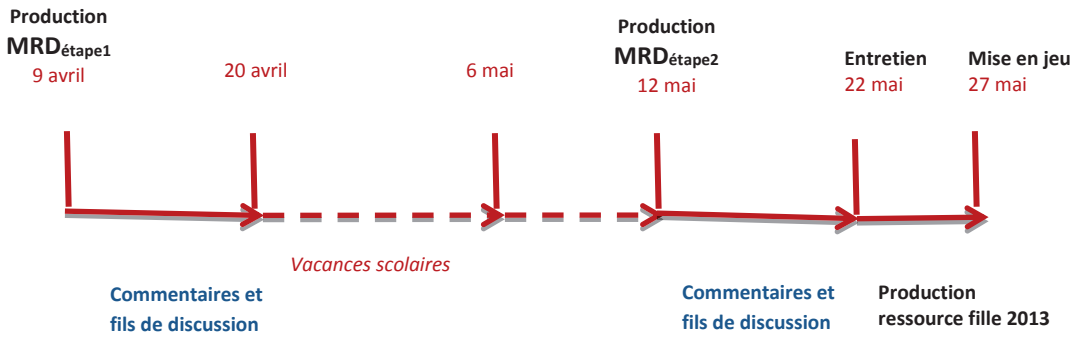


Figure 17 : Calendrier du WP_{HC} de Mathieu en 2013.

[48] http://media.eduscol.education.fr/file/Programmes/17/3/du_numerique_au_litteral_109173.pdf
[49] Exemple sur le site personnel de Juliette Hernando : http://juliette.hernando.free.fr/carres.php
[50] La Casemath s'affiche sur son site comme faisant partie du groupe Sesamath http://casemath.free.fr/quatre/4calcalg.pdf

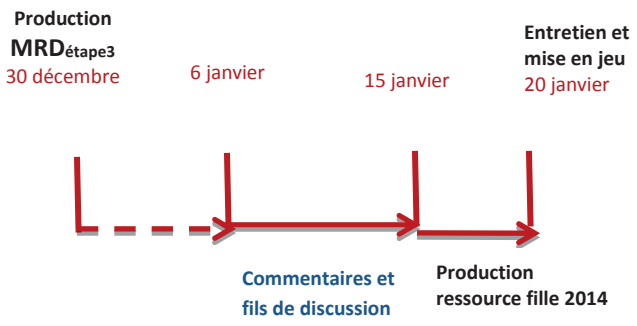


Figure 18 : Calendrier du WP_{HC} de Mathieu en 2014.

7.1.2. Le travail collectif de Mathieu

Différentes interactions appartenant au cadre professionnel soutiennent la préparation de Mathieu. Il s'agit d'interactions qui ont eu lieu dans une formation GFEN ou avec ses collègues des écoles primaires mais surtout de celles qui ont lieu au sein du collectif codisciplinaire. Nous présentons dans le § 7.1.2.1 la collaboration qui s'établit avec sa collègue de mathématique et dans le § 7.1.2.2 les interactions codisciplinaires avec les autres professeurs du collectif.

7.1.2.1. Une collaboration avec Mathilde

La première année, le travail de préparation a été réalisé en collaboration avec Mathilde. Les informations apportées par l'un et l'autre dans la MRD commune et dans leur entretien pré-séance (Tableau 54) concordent pour préciser leur contribution respective. Mathieu a apporté la situation des carrés bordés (Mathieu 49, Tableau 52 ; Mathilde 2 & 4, Tableau 52), tandis que Mathilde a suggéré de positionner le problème à partir de figures de carré sans énoncé ce qu'elle appelle un « problème sans question » (Mathieu 49, Mathilde 4). Ils ont partagé une réflexion sur la contextualisation à donner au problème, la mosaïque d'un château ou un problème interne aux mathématiques (Mathieu 49, Mathilde 7). Le scénario et la formulation du problème ont été réfléchis à deux (Mathieu 49, Mathilde 2), puis Mathieu a rédigé la MRD ($MRD_{étape1}$ et $MRD_{étape2}$) à partir de ses propres repères (Mathieu 49 et compléments apportés par Mathilde dans la MRD). La mise en jeu dans la classe de la situation par Mathilde est sans incidence sur Mathieu car elle se déroule deux jours après celle de Mathieu.

Extraits de l'entretien pré-séance de Mathieu en 2013		
48	**Chercheur**	Tu peux me dire comment vous avez travaillé avec Mathilde ?
49	**Mathieu**	On s'est vu à des moments où on ne travaillait que là-dessus on s'est vu à 3 moments, un moment où on a élaboré la mosaïque, on a élaboré la mosaïque puis on a dit non, non on abandonne, et puis c'est elle qui a apporté l'idée du problème sans question, c'est vraiment elle, heu, j'ai dit banco, et puis après voilà sur la formulation de la question, ensuite j'ai rédigé l'étape 1, elle a apporté ses compléments et puis voilà
Extraits de l'entretien pré-séance de Mathilde en 2013		
1	**Chercheur**	Peux-tu indiquer les ressources qui ont joué les rôles les plus importants ?
2	**Mathilde**	On s'est demandé quelle activité pouvait conduire à proposer des hypothèses ? Et là j'avoue que le choix du calcul littéral c'est lui qui a fait ce choix-là, moi j'aurai pu le faire sur n'importe quelle domaine de notre progression, ça me dérangeait pas mais lu il avait plus envie de le faire là-dessus (...). Après les ressources ben, à la base lui il avait fait, enfin moi aussi je l'avais déjà vu cette activité indépendamment de lui et je l'avais vu vraiment bien guidée, on n'a pas retrouvé tous les deux notre document de départ en fait (...) il y avait un point de départ qui était son sujet et on s'est vraiment posé la question comment on va formuler le truc. (...)
3	**Chercheur**	On va relire ensemble les repères utilisés et tu vas me dire en quoi ils t'ont aidé
4	**Mathilde**	(...) le repère cibler l'objectif pédagogique, c'est plus lui qui l'a fait. (…) J'avoue que là c'est moi qui ai eu l'idée (*du problème sans question)*, pour moi ça va dans le sens de ce que j'ai déjà fait
7	**Chercheur**	Dans la première étape vous faisiez référence à une mosaïque sur le sol d'un château, comment vous avez laissez tombé cela ?
8	**Mathilde**	Parce qu'on s'enfermait dans un truc, en fait notre problème c'est qu'on voulait dessiner la mosaïque au sol mais on s'est lancé dans un texte qui ne collait pas avec la réalité, il y avait un problème de sens, à vouloir trop coller au concret, on en perdait le sens, l'application concrète de cette formule ne sert à rien. Moi ça m'a posé un problème à quoi ça sert de faire chercher une formule qui ne sert à rien.
Compléments de Mathilde dans la $MRD_{étape1}$		
Mathieu et moi avons conçu le fond de la séance ensemble, cela dit, il a rempli le canevas de la séance de son côté, mais comme je le rejoins sur tous les points, je n'ai pas jugé bon de tout réécrire ici.		

Tableau 54 : Extraits de corpus permettant d'identifier les contributions respectives de Mathieu et Mathilde.

La deuxième année, Mathieu et Mathilde travaillent de façon beaucoup plus indépendante car la situation n'est pas préparée pour le même niveau de classe (5e pour Mathilde, 6e pour Mathieu) et leur calendrier est décalé. Mathilde met en œuvre sa ressource fille le 13 décembre, soit un mois et demi avant Mathieu qui ne peut pas participer à l'observation croisée. Au cours de son entretien-préséance, si Mathilde fait de nombreuses références aux apports de Fiana, elle ne mentionne jamais Mathieu. Quant à Mathieu, lorsque nous lui demandons s'il a eu le temps de suivre la préparation de Mathilde il répond :

> « Non, pas cette année, on en a reparlé vaguement, puis comme elle l'a redonnée en 5e, moi je savais que j'étais en 6e que j'avais quelque chose de neuf à faire, voilà. » (Mathieu, entretien 2014, 30).

En 2014, il n'y a donc pas de travail collaboratif étroit entre Mathilde et Mathieu. Cependant, l'un et l'autre continuent à interagir. Ils prennent connaissance des choix didactiques opérés et expriment des avis en commentant leur MRD respectives. Mathieu apporte un seul commentaire dans la MRD de Mathilde quant à la position du problème. Mathilde apporte 6 commentaires dans la MRD de Mathieu qui restent sans réponse. Ces commentaires questionnent des choix qui jouent sur la signification et sur la manifestation du WP_{HC} de Mathieu. Les contributions de Mathilde seront mises au regard des évolutions des savoirs-processus de Mathieu dans le § 7.4.

7.1.2.2. Les interactions codisciplinaires

En 2013, lorsque Mathieu débute sa préparation, il est engagé depuis 5 mois dans une réflexion sur le WP_{HC} dans différentes disciplines : il y a participé à 5 focus groups au cours desquels les professeurs ont échangé sur le statut épistémologique des hypothèses et des conjectures et sur les repères pouvant guider un WP_{HC} (Tableau 12), il a interagi avec Fiana et Billy sur les situations qu'ils ont préparées et a observé la mise en œuvre de celle de Fiana. Par ailleurs, Fiana, Filomène et Billy effectuent 8 contributions de type A ou B qui sont articulées à la préparation de Mathieu (5.3.3.2). En 2014, si les interactions de Mathieu avec l'ensemble du collectif se poursuivent au cours des focus group, celles avec Fiana sont plus nombreuses et plus diversifiées. En effet, d'une part avant que Mathieu s'engage dans la préparation de sa situation, il commente la MRD de Fiana et observe la mise en œuvre dans la classe. D'autre part, au cours de sa préparation, il bénéficie de contributions de Fiana. Il s'agit des constats et recommandations qu'elle a effectués dans la grille d'analyse rédigée l'année précédente et de 5 commentaires qu'elle insère dans la MRD de Mathieu. Que ce soit en 2013 ou en 2014, les contributions apportées dans la MRD questionnent la manifestation et la signification du WP_{HC} de Mathieu : quel problème les élèves peuvent-ils percevoir ? Quelle est la valeur épistémologique de ce problème ? Quelle est la valeur épistémologique des conjectures qu'ils peuvent formuler ? Ces contributions seront précisées dans le § 7.4 pour comprendre leurs effets sur des évolutions des savoirs-processus qui guident les actions de Mathieu.

7.1.3. **Les MRG susceptibles d'instrumenter le travail de préparation**

Faisant l'hypothèse que les métaressources génériques (MRG) sont le creuset de la réflexion codisciplinaire engagée par le collectif au sein des focus group, nous nous attachons à repérer leurs apports dans le travail de préparation de Mathieu. Mathieu produit quatre versions successives de sa MRG entre 2013 et 2014 (§ 5.2.4.2). Nous analysons ici les caractéristiques des versions produites au moment où Mathieu s'engage dans son travail de préparation. En 2013, il s'agit de la première version de la MRG que nous noterons MRG_{2013}, en 2014 il s'agit de sa quatrième version que nous notons $MRG_{2014.}$ Nous analysons ces deux versions afin d'identifier en quoi elles sont susceptibles de soutenir le sens de son WP_{HC} en 2013 (§ 7.1.3.1) et en 2014 (§ 7.1.3.1). D'une part nous repérons en quoi elles peuvent soutenir l'activité de Mathieu : présentent-elles des éléments constitutifs des savoirs-processus susceptibles de guider son action ? D'autre part nous analysons en quoi elles sont susceptible de renforcer les trois dimensions critiques de la structure conceptuelle de la tâche experte : caractériser la référence du WP_{HC}, lui attribuer une signification, soutenir sa manifestation.

7.1.3.1. La MRG 2013

La MRG_{2013} a été produite en mars 2013, soit au bout de trois mois de la participation de Mathieu au collectif. Elle est constituée de 5 repères décrits dans le Tableau 55. Ces repères sont susceptibles d'orienter le travail de préparation, principalement à partir de questions pouvant guider des règles d'action (ex : « que savent les élèves sur la notion mise en jeu dans la séance ? »). Un seul constat pouvant constituer la connaissance de référence d'un savoir-processus est énoncé (« Ils *(les prérequis)* sont liés aux objectifs d'apprentissage »). Seul le but du repère « Le scénario » est précisé (« Il s'agit de favoriser l'entrée dans le problème »).

Intitulé des repères	Description des repères	Dimensions critiques
Les objectifs pédagogiques	Il faut les avoir bien ciblés : est-ce une façon d'introduire une notion ou de l'utiliser ? Où se situe la séance dans les apprentissages ?	Caractériser la référence & Soutenir la manifestation
Les prérequis	Ils sont liés aux objectifs d'apprentissage. Que savent les élèves sur la notion mise en jeu dans la séance ? Ont-ils tous les outils nécessaires à l'élaboration de la conjecture et à sa mise à l'épreuve ?	
Le scénario	Il s'agit de favoriser l'entrée dans le problème et la motivation des élèves tout en gardant à l'esprit les objectifs de la séance. Ai-je choisi astucieusement les variables didactiques ? Travail de groupes : est-il au service de l'activité ?	Soutenir la manifestation
L'aide	Comment relancer la réflexion quand les élèves butent ? Individuelle ou collective ? A quels moments ?	
Le choix du problème	La question est-elle suffisamment ouverte pour que la réflexion ne soit pas trop immédiate ? Y-a-t-il plusieurs conjectures possibles ? Les élèves pourront-ils vérifier leur conjecture ?	Attribuer une signification & Soutenir la manifestation

Tableau 55 : MRG_{2013} et son soutien aux dimensions critiques de la tâche experte.

La troisième colonne du Tableau 55 indique en quoi la MRG est susceptible de soutenir le sens d'un $WP_{HC.}$ Nous précisions les apports de chaque repère à partir des dimensions critiques de la tâche experte (§ 4.2).

- ***Caractériser la référence***

Les questions soulevées dans le repère « Les objectifs pédagogiques » participent d'une analyse curriculaire, elles permettent de situer les connaissances visées dans la progression de l'enseignement. Rien ne relie cependant de façon explicite ces connaissances au savoir de référence. Aucun repère ne soutient une analyse épistémologique de ce savoir permettant de caractériser son domaine de connaissance, ses obstacles.

- ***Attribuer une signification***

Les questions soulevées dans le repère « le choix du problème » contribuent à analyser la résistance de celui-ci : son *degré d'ouverture* (« la question est-elle suffisamment ouverte », « Y a-t-il plusieurs conjectures possibles ») et sa *complétude* (« que la réflexion ne soit pas trop immédiate » qui sous-entend que tout ne soit pas donné aux élèves). La question « Les élèves pourront-ils vérifier leur

conjecture ? » montre qu'il s'agit de « vérifier » et non de « démontrer » la conjecture, donc d'engager les élèves dans la construction du champ des possibles. La MRG ne permet cependant pas de soutenir toutes les tâches nécessaires pour attribuer une *valeur épistémologique* au problème et aux conjectures.

- ***Soutenir la manifestation***

Le repère « Les prérequis » soulève des questions qui permettent une analyse des connaissances des élèves sur le savoir de référence (« Que savent les élèves sur la notion mise en jeu ?») et sur les opérations de problématisation (« Ont-ils tous les outils nécessaires à l'élaboration de la conjecture et à sa mise à l'épreuve ? »). Les repères « Le scénario » et « L'aide », évoquent des questions pouvant orienter la production d'inducteurs. Le repère « Le scénario » vise principalement à aider les élèves à positionner le problème à partir d'inducteurs de type pédagogique (la motivation, le travail de groupe) et didactique (les variables didactiques). Le repère « L'aide » vise plus globalement à relancer la réflexion des élèves en difficulté, sans préciser aux différents moments de leur activité de recherche.

La MRG_{2013} de Mathieu montre quelques appuis pour soutenir son $WP_{HC.}$ Les repères recouvrent de façon partielle les trois dimensions critiques de la structure conceptuelle de la tâche experte.

7.1.3.1. La MRG 2014

La MRG_{2014} possède différents supports : un texte, des commentaires qui précisent certaines idées ou termes du texte (ils sont rassemblés dans le Tableau 56) et un schéma (Figure 19).

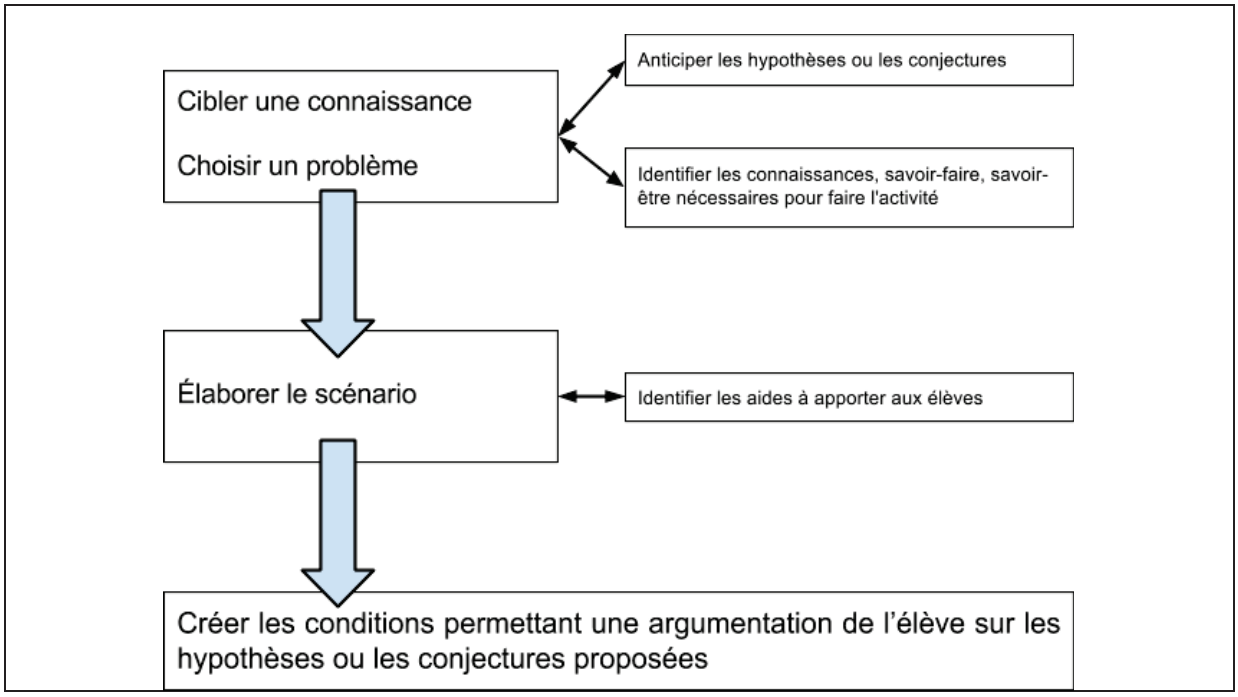


Figure 19 : Schéma de la $MRG_{2014.}$

Intitulé et description des repères
-1-Cibler une connaissance et choisir un problème Il s'agit d'identifier une connaissance* qui conduise à la formulation d'un problème. Le problème choisi doit conduire à une démarche pertinente c'est-à-dire à une démarche qui permette la proposition de plusieurs hypothèses ou conjectures, non évidentes, qui puissent être explicitées, argumentées, qui puissent être démontrées ou invalidées par un contre-exemple, qui puissent être vérifiées. Anticiper les formulations possibles du problème. ** Ce n'est pas le cas de toutes les connaissances*.
-2-Élaboration du scénario Rechercher une situation* qui fasse émerger un questionnement (une diversité de questions) permettant d'isoler un problème scientifique. Construire une situation motivante (enrobage, mise en scène). Anticiper les questions et les problèmes scientifiques qui peuvent être soulevés par la situation même si tous ne peuvent pas être anticipés. Identifier les éléments qui permettront aux élèves de comprendre la situation et de formuler des hypothèses ou des conjectures : informations, connaissances, attitude du professeur (en faisant attention au vocabulaire utilisé). Il est nécessaire de doser ce que l'on donne aux élèves : ils ne doivent pas tout avoir à disposition (sous risque de glisser vers une simple devinette, sous risque de tuer la curiosité). Pour cela on s'appuie : sur les erreurs obtenues dans les évaluations (diagnostiques ou celles des années précédentes), sur des obstacles (résistances intellectuelles) déjà identifiés, sur les réactions des élèves les années précédentes. ** Les situations très ouvertes peuvent soulever plusieurs problèmes scientifiques, elles ne sont pas facilement gérables dans les conditions d'enseignement habituel*.
-3-Anticiper les hypothèses ou les conjectures On souhaite que les élèves soient en mesure de formuler des hypothèses ou des conjectures*, qu'ils n'aient pas d'emblée la bonne hypothèse ou la bonne conjecture, qu'il y aient plusieurs hypothèses ou conjectures permettant d'alimenter un débat, qu'ils aient un doute sur la validité de leur hypothèse ou de leur conjecture et qu'ils aient envie et les moyens de l'éprouver. Anticiper les hypothèses ou les conjectures que les élèves peuvent formuler pour déterminer l'intérêt du problème et savoir si cela vaut le coup d'élaborer une situation. **je laisse hypothèse et conjecture car je crois que nous pouvons trouver des repères communs aux sciences (SVT et SPC) et aux maths. Par contre avec les élèves je parlerai de conjecture en explicitant le lien avec les hypothèses de SVT ou SPC*
-4-Identifier les connaissances, savoir-faire, savoir-être nécessaires pour faire l'activité Déterminer les connaissances, savoir-faire, savoir être qui seront nécessaires : pour situer la place de la séance dans la progression, pour identifier les connaissances complémentaires qu'il faudra apporter (en faisant attention de ne pas fermer le problème)
-5-Identifier les aides à apporter aux élèves Lesquelles ? Des aides liées aux connaissances mais aussi aux savoir-faire et savoir être*. Sous quelles formes ? fiche méthode, cahier Par qui ? autre(s) élève(s), interventions orales et attitudes** du professeur,… Pour qui ? Aide individualisée ? pour tous ? ** participer à un débat au sein d'un groupe (comment j'interroge mon voisin ? Comment je lui demande de développer son idée ? Comment je l'écoute ?* *** Les interventions orales et les attitudes du professeur sont très importantes : il faut savoir se mettre en retrait physique, ne pas donner la réponse mais proposer des ressources, répondre à une question par une question, anticiper, quand intervenir, visualiser où se mettre (au bureau, circulation dans les groupes…).*
-6-Créer les conditions permettant une argumentation de l'élève sur les hypothèses ou les conjectures proposées *Je n'ai pas assez abouti ma réflexion pour développer ce repère, et je ne veux pas non plus l'abandonner mais synthétiser quelque chose me paraît trop compliqué pour le moment.*

Tableau 56 : MRG_{2014} (texte en noir et commentaires en bleu) et son soutien aux dimensions critiques.

Les titres des repères de la MRG_{2014} et le schéma de la Figure 19 mettent en évidence une évolution de la MRG entre 2013 et 2014. En premier lieu les repères sont réorganisés. On constate des remplacements et des ajouts, ainsi les repères « Les objectifs pédagogiques » et « Choisir un problème » sont remplacés par « Cibler une connaissance et choisir un problème », les repères « Anticiper les hypothèses ou les conjectures » et « Créer les conditions permettant une argumentation de l'élève sur les hypothèses ou les conjectures proposées » sont ajoutés. On

constate également l'apparition d'une hiérarchie entre les repères, les aides à apporter aux élèves sont ainsi inféodées à l'élaboration d'un scénario (Figure 19). En second lieu, la description des repères est modifiée. Les questions qui les décrivaient en 2013 ont en grande partie disparu, et excepté pour le repère 6 qui n'a pas encore été travaillé par le professeur, le texte des repères s'étaye. Il permet d'une part de préciser le but général du repère ou/et de présenter un ou plusieurs sous-buts. Ainsi, le repère « Cibler une connaissance et choisir un problème » est explicité par la phrase suivante « Il s'agit d'identifier une connaissance qui conduise à la formulation d'un problème », et étayé par le sous-but « Anticiper les formulations possibles du problème ». Il permet d'autre part d'exprimer davantage de principes (ex : « Il est nécessaire de doser ce que l'on donne aux élèves ») et de précautions (ex : « ils *(les élèves)* ne doivent pas tout avoir à disposition ») pouvant orienter la mobilisation de règles d'action.

Si des évolutions de la MRG de Mathieu sont révélées par ces modifications de forme qui sont susceptibles de la rendre plus opérationnelle, elles sont encore montrées par la façon dont elle peut soutenir le sens d'un WP_{HC}. Nous indiquons dans le Tableau 57, en rouge, le texte susceptible de soutenir la référence du WP_{HC}, en vert sa signification et en violet sa manifestation.

Intitulé et description des repères
-1-Cibler une connaissance et choisir un problème Il s'agit d'identifier une connaissance* qui conduise à la formulation d'un problème. Le problème choisi doit conduire à une démarche pertinente c'est-à-dire à une démarche qui permette la proposition de plusieurs hypothèses ou conjectures, non évidentes, qui puissent être explicitées, argumentées, qui puissent être démontrées ou invalidées par un contre-exemple, qui puissent être vérifiées. Anticiper les formulations possibles du problème. * *Ce n'est pas le cas de toutes les connaissances*.
-2-Élaboration du scénario Rechercher une situation* qui fasse émerger un questionnement (une diversité de questions) permettant d'isoler un problème scientifique. Construire une situation motivante (enrobage, mise en scène). Anticiper les questions et les problèmes scientifiques qui peuvent être soulevés par la situation même si tous ne peuvent pas être anticipés. Identifier les éléments qui permettront aux élèves de comprendre la situation et de formuler des hypothèses ou des conjectures : informations, connaissances, attitude du professeur (en faisant attention au vocabulaire utilisé). Il est nécessaire de doser ce que l'on donne aux élèves : ils ne doivent pas tout avoir à disposition (sous risque de glisser vers une simple devinette, sous risque de tuer la curiosité). Pour cela on s'appuie : sur les erreurs obtenues dans les évaluations (diagnostiques ou celles des années précédentes), sur des obstacles (résistances intellectuelles) déjà identifiés, sur les réactions des élèves les années précédentes. * Les situations très ouvertes peuvent soulever plusieurs problèmes scientifiques, elles ne sont pas facilement gérables dans les conditions d'enseignement habituel.
-3-Anticiper les hypothèses ou les conjectures On souhaite que les élèves soient en mesure de formuler des hypothèses ou des conjectures*, qu'ils n'aient pas d'emblée la bonne hypothèse ou la bonne conjecture, qu'il y ait plusieurs hypothèses ou conjectures permettant d'alimenter un débat, qu'ils aient un doute sur la validité de leur hypothèse ou de leur conjecture et qu'ils aient envie et les moyens de l'éprouver. Anticiper les hypothèses ou les conjectures que les élèves peuvent formuler pour déterminer l'intérêt du problème et savoir si cela vaut le coup d'élaborer une situation.
-4-Identifier les connaissances, savoir-faire, savoir-être nécessaires pour faire l'activité Déterminer les connaissances, savoir-faire, savoir être qui seront nécessaires : pour situer la place de la séance dans la progression, pour identifier les connaissances complémentaires qu'il faudra apporter (en faisant attention de ne pas fermer le problème)

-5-Identifier les aides à apporter aux élèves Lesquelles ? Des aides liées aux connaissances mais aussi aux savoir-faire et savoir être*. Sous quelles formes ? fiche méthode, cahier Par qui ? autre(s) élève(s), interventions orales et attitudes** du professeur,… Pour qui ? Aide individualisée ? pour tous ? * participer à un débat au sein d'un groupe (comment j'interroge mon voisin ? Comment je lui demande de développer son idée ? Comment je l'écoute ? ** Les interventions orales et les attitudes du professeur sont très importantes : il faut savoir se mettre en retrait physique, ne pas donner la réponse mais proposer des ressources, répondre à une question par une question, anticiper, quand intervenir, visualiser où se mettre (au bureau, circulation dans les groupes…).
-6-Créer les conditions permettant une argumentation de l'élève sur les hypothèses ou les conjectures proposées

Tableau 57 : Soutien de la MRG_{2014} à la référence (rouge), à la signification (vert) et à la manifestation (violet) d'un WP_{HC}.

Nous précisions ci-après les apports des repères pour caractériser la référence, attribuer une signification et soutenir la manifestation d'un WP_{HC}.

- ***Caractériser la référence***

La phrase « Il s'agit d'identifier une connaissance qui conduise à la formulation d'un problème » du repère 1 souligne le lien entre un problème et un savoir de référence, mais rien ne soutient cependant l'analyse de ce savoir, ni d'un point de vue curriculaire, ni d'un point de vue épistémologique.

- ***Attribuer une signification***

La description des repères 1, 2 et 3 exprime des éléments pouvant aider à déterminer la valeur épistémologique du problème et des conjectures au cours d'un WP_{HC}. La situation proposée aux élèves doit permettre de positionner un problème : il s'agit de « Rechercher une situation qui fasse émerger un questionnement (une diversité de questions) permettant d'isoler un problème scientifique » et d'« anticiper les questions et les problèmes scientifiques qui peuvent être soulevés par la situation même si tous ne peuvent pas être anticipés. » (Repère 2). L'énoncé de certains principes montre que le problème visé semble être un problème ouvert et incomplet : « Le problème choisi doit conduire à une démarche pertinente c'est-à-dire à une démarche qui permette la proposition de plusieurs hypothèses ou conjectures, non évidentes » (Repère 2) ; « qu'ils (les élèves) n'aient pas d'emblée la bonne hypothèse ou la bonne conjecture, (…), qu'ils aient un doute sur la validité de leur hypothèse ou de leur conjecture » (Repère 3). Par ailleurs les conjectures visées doivent pouvoir être testées : « des conjectures (…) qui puissent être (…) invalidées par un contre-exemple, qui puissent être vérifiées » (Repère 1) ; « qu'ils (les élèves) aient envie et les moyens de l'éprouver », (Repère 3).

- ***Soutenir la manifestation***

Tous les repères, excepté le 1, sont susceptibles de soutenir la manifestation d'un WP_{HC}. Les repères 2, et 3 contribuent à analyser l'accessibilité des opérations de problématisation *positionner un problème, formuler des hypothèse*, pour déterminer les aides à apporter : « Identifier les éléments qui permettront aux élèves de comprendre la situation et de formuler des hypothèses ou des

conjectures » (Repère 2), « Déterminer les connaissances, savoir-faire, savoir être qui seront nécessaires (…) pour identifier les connaissances complémentaires qu'il faudra apporter » (Repère 4), « Anticiper les hypothèses ou les conjectures que les élèves peuvent formuler » (Repère 3). Les repères 2 et 4 visent à préciser les aides à apporter. Ces aides possèdent des caractéristiques d'inducteurs dans ce qui suit :

- « Il est nécessaire de doser ce que l'on donne aux élèves : ils ne doivent pas tout avoir à disposition (sous risque de glisser vers une simple devinette, sous risque de tuer la curiosité). » (Repère 2) ;
- « en faisant attention de ne pas fermer le problème » (Repère 4) ;
- « il faut savoir se mettre en retrait physique, ne pas donner la réponse mais proposer des ressources, répondre à une question par une question » (Repère 5).

Ces aides concernent les connaissances, les savoir-faire et le savoir-être, elles sont apportées par des ressources matérielles mais aussi par des interventions orales et des attitudes du professeur (Repère 5). Des éléments non pointés comme aide sont également susceptibles d'être des inducteurs comme la construction d'une situation motivante (Repère 2) ou le fait qu'il y ait plusieurs hypothèses ou conjectures pour alimenter un débat (Repère 3). Le repère 6 pointe l'importance de donner aux élèves les moyens d'argumenter les conjectures proposées mais Mathieu exprime en commentaire « Je n'ai pas assez abouti ma réflexion pour développer ce repère ».

Les évolutions de la MRG mettent en évidence que la représentation d'un WP_{HC} de Mathieu se précise entre 2013 et 2014. La MRG se structure en but et sous-buts et s'étaye de connaissances (constat, opinion, principe) susceptibles de soutenir la mobilisation de savoir-processus pour attribuer une signification et soutenir la manifestation d'un WP_{HC}. En revanche, elle prend peut en compte les analyses du savoir permettant de caractériser la référence d'un WP_{HC}.

7.2. Les ressources de Mathieu en 2013 et 2014

Afin de caractériser les genèses documentaires qui accompagnent le WP_{HC} de Mathieu entre 2013 et 2014, nous analysons les ressources mères qu'il pointe comme essentielles (§ 7.2.1), les ressources filles produites (§ 7.2.2) et nous modélisons son travail documentaire (§ 7.2.3). Ces analyses contribuent à délimiter le corpus pour étudier des évolutions du modèle opératif qui oriente le WP_{HC} de Mathieu.

7.2.1. Les ressources mères essentielles qui soutiennent le WP_{HC}

Nous présentons les caractéristiques des ressources mères pointées comme essentielles par Mathieu en 2013 (§ 7.2.1.1) et en 2014 (§7.2.1.2).

7.2.1.1. La ressource mère essentielle du WP_{HC} en 2013

En 2013, au cours des différentes étapes de sa préparation, Mathieu n'évoque avec le chercheur et le collectif qu'une seule ressource mère qu'il considère comme point de départ de son travail documentaire. Il a égaré la forme matérielle ou numérique de cette ressource, cependant il est capable de la reconstruire progressivement et de communiquer cette reconstruction au chercheur. Cette reconstruction est effectuée à partir d'une ressource numérique trouvée sur Internet, d'informations apportées dans la MRD, d'évocations faites au chercheur au cours de l'entretien pré-séance et d'un échange par messagerie (Tableau 58). Nous décrivons les étapes de cette reconstruction à partir de ce corpus.

Chercheur	Tu avais mis dans ton drive un document en disant que ton activité ressemblait à cela. Pourrais-tu stp me dire d'où elle provient ? Combien (approximativement) de fois tu avais eu l'occasion de faire cette séance auparavant ? Est-ce que tu la modifiais d'une année sur l'autre ou est-ce qu'elle était toujours à peu près la même ?
Mathieu	J'ai dû faire cette séance 2 ou 3 fois avant de la retravailler pour la recherche. Elle n'a jamais vraiment eu la forme du document que j'ai mis en lien, mais je ne retrouve pas le document que je donnais aux élèves. L'idée était la suivante : plusieurs questions (donc un travail plutôt guidé) et j'intervenais juste d'une année sur l'autre sur les variables (le nombre de carreaux sur le côté), mais pas beaucoup sur le scénario comme on a pu le faire avec Mathilde. Je ne sais plus où j'ai déniché cette activité, peut-être en formation, ou alors proposé par un collègue. En tous les cas, c'était à mes tout début et je l'ai essayée comme une activité qui me plaisait, tout simplement, en modifiant les paramètres : nombre de cas dessinés, taille du carré à étudier. Quoi qu'il en soit, je l'utilisais bien pour introduire la nécessité du calcul littéral. Il me semble que l'énoncé de départ devait ressembler à cela : Un carré quadrillé de 4 carreaux sur le côté possède 12 carreaux gris sur le contour (figure à l'appui) 1. Combien de carreaux y a-t-il sur un carré de côté 6 carreaux ? 2. Et de côté 256 carreaux ? Et j'allais jusqu'à la lettre.

Tableau 58 : échanges par messagerie entre le chercheur et Mathieu (26 juin 2014)

Lors de sa préparation, Mathieu indique dans sa MRD :

> « Le fichier déposé dans la section "documents séances années 2011-12 » se rapproche beaucoup d'une formulation que j'ai déjà utilisée par le passé, en classe de cinquième, pour aborder le calcul littéral. Malheureusement, je ne retrouve pas la formulation exacte (perdu mon fichier, ...). » ($MRD_{étape1}$, Mathieu)

Au cours de l'entretien pré-séance, il confirme être parti d'une situation sur le calcul littéral qu'il avait déjà utilisée :

> Chercheur : « Peux-tu me précisez la ou les ressources qui ont été majeures pour démarrer ce travail de préparation. »
>
> Mathieu : « On est parti de ça (*la situation utilisée les années précédentes*). » (entretien 2013, 1 & 2)

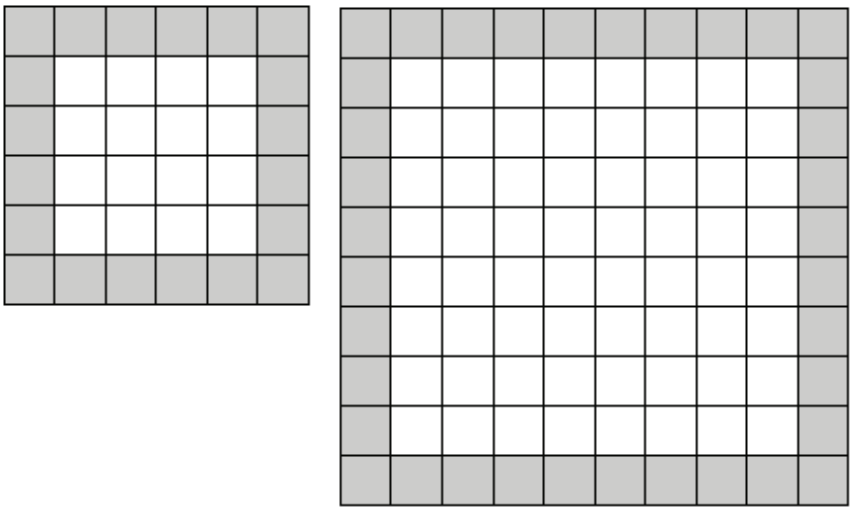
TRADUIRE UN PROCEDE DE CALCUL REPETITIF PAR UNE FORMULE

Énoncé :

Le but est de mettre au point une formule qui permette de calculer le nombre de carreaux hachurés d'une figure construite sur un modèle, quel que soit le nombre de carreaux du côté du carré.

Déroulement :

1. *Quel est le nombre de carreaux gris des deux figures proposées ci-dessous?*
2. *Quel est le nombre de carreaux gris d'une figure analogue pour laquelle le côté du carré comporte 37 carreaux? Présenter la méthode qui permet de calculer ce nombre.*
3. *Passage à la formule : On cherche maintenant à traduire la méthode par une formule respectant les règles d'écriture utilisées en mathématiques : on appelle n le nombre de carreaux du côté du carré; la formule ne peut utiliser que cette lettre n , des signes d'opération, des parenthèses et des nombres; pas un mot.*
4. *Application : Utiliser cette formule pour calculer le nombre de carreaux gris d'une figure telle que le côté du carré comporte 138 carreaux.*
5. *Quel est le nombre de carreaux du côté du carré pour que le nombre de carreaux gris soit égal à 964?*
6. *Le nombre de carreaux gris peut-il être égal à 1 242?*



Encadré 13 : Ressource identifiée par Mathieu comme proche de sa ressource mère.

Mathieu effectue une recherche Internet pour retrouver une ressource similaire à celle qu'il utilisait, La ressource trouvée a été partagée sur le Drive. Nous (chercheur) avons retrouvé ce fichier sur le site « La Casemath »[51] (Encadré 13). Mathieu précise cependant :

> « Elle n'a jamais vraiment eu la forme du document que j'ai mis en lien » (Tableau 58).

Il complète la présentation de sa ressource mère dans sa MRD en précisant :

> « L'idée principale était qu'à partir d'exemples « petits », on pouvait, grâce aux lettres, généraliser et établir une formule. L'activité était très guidée et la nécessité d'utiliser une formalisation pour généraliser n'était pas mise en valeur. » (commentaire,$MRD_{étape1}$, Mathieu)

[51] http://casemath.free.fr/quatre/4calcalg.pdf

Il insiste dans sa MRD et dans l'échange par messagerie sur le manque d'initiative laissé aux élèves dans la ressource mère utilisée les années précédentes :

> « Cependant elle (*activité*) est trop guidée et limite énormément la prise d'initiative. » ($MRD_{étape1}$, Mathieu)
>
> « L'idée était la suivante : plusieurs questions donc un travail plutôt guidé » (messagerie, Tableau 58)

Il est capable de compléter sa reconstruction en précisant des éléments possible de son instanciation : la recherche du nombre de carreaux sur le contour d'un carré de 4, 6, puis de 256 carreaux sur le côté (Tableau 58).

Au cours de l'échange par messagerie, Mathieu évoque également l'origine de sa ressource et les usages qu'il a pu en avoir (Tableau 58). Il ne se souvient plus comment il l'a eue, il pense qu'elle lui a été donnée par un collègue (enseignant ou formateur ?) à ses débuts, c'est-à-dire il y a une dizaine d'années. Il pense l'avoir utilisée deux ou trois fois et toujours « pour aborder le calcul littéral » en 5e. Les modifications qu'il apportait d'une année sur l'autre concernaient les données du problème (nombre de figures dessinées, nombre de carreaux sur le côté), mais les tâches demandées aux élèves restaient inchangées. Ils travaillaient seul, à la maison ou en classe, avec une mise en commun à la fin. Comme il le précise au cours de l'entretien pré-séance, son objectif est d'avoir en 2013 un autre usage de cette ressource mère :

> Chercheur **:** « Dans la séance que tu avais faite l'année dernière, pour toi il y avait un scénario ? »
>
> Mathieu *:* « Oui, mais, enfin, non, il n'y a pas vraiment de scénario. Je le faisais en individuel avec mise en commun tout à la fin, voilà c'était pas un truc très élaboré, c'était plutôt voilà ce que j'attends de vous, vous avez 1 heure et puis c'est terminé. D'ailleurs, ça m'est arrivé de le donner en devoir à la maison avec une narration de recherche à faire. Donc là c'est autre chose. » (entretien 2013, 18 & 19).

La ressource mère reconstruite par Mathieu correspond principalement à un déroulé des tâches demandées aux élèves. Ces tâches correspondent à une succession de questions en appui sur un nombre restreint de figures de carré, dont un carré possédant un nombre restreint de carreaux sur le côté comme par exemple 4, et un carré possédant un grand nombre de carreaux sur le côté comme par exemple 256. Elles ont pour objectif de guider les élèves à trouver une formule pour déterminer le nombre de carreaux sur le contour d'un carré à partir du nombre de carreaux sur le côté. Nous reconnaissons ici une instanciation de la situation didactique des carrés bordés.

7.2.1.2. Les ressources mères essentielles du WP_{HC} en 2014

En 2014, Mathieu sélectionne, deux jours avant sa séance, un article de didactique des mathématiques qu'il pointe comme jouant un rôle déterminant dans la production de la ressource fille :

> « Je cherche un peu sur Internet, j'avais déjà fait des recherches, je me disais comment je vais m'en sortir, et là j'ai trouvé la pépite, je trouve ce truc de l'IREM de Clermont et je dis : oui, la trame c'est ça» (entretien 2014, 10).

Cet article intitulé « Les débuts de l'Algèbre au collège ou introduction au calcul littéral » a été publié par Geneviève Lé Quang et Robert Noirfalise en 2008 sur le site de l'IREM de Clermont-Ferrand[52]. Cet article propose et analyse des situations visant à produire et à comparer des formules. Les formules, ou expressions littérales, sont dénommées par ces auteurs « programmes de calcul » en référence à Chevallard qui souhaite insister sur leur aspect instrumental :

> « elle formalise l'idée de faire un calcul, c'est-à-dire le fait d'opérer sur des nombres d'une manière déterminée, *selon un certain programme* » (Chevallard, 2007, p. 168).

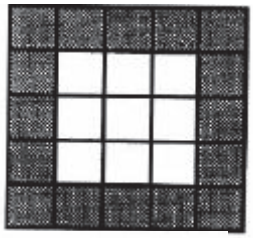
Cet article présente puis analyse l'instanciation de la situation des carrés bordés effectuée par Combier et al. (1996). L'Encadré 14 reproduit la présentation qui est effectuée de cette situation. Elle est scénarisée en 4 phases :

- phase 1 : les élèves s'approprient le problème à partir de la figure d'un carré de 5 carreaux de côté puis calculent le nombre de carreaux sur le contour d'un carré de 37 carreaux de côté ;
- phase 2 : ils décrivent leur méthode à l'aide de phrases ;
- phase 3 : ils débattent de la validité des méthodes ;
- phase 4 : ils traduisent leur méthode avec le code algébrique.

Si ce scénario est conforme à celui proposé par Combier et al. (1996), les formulations ne sont pas toujours respectées, les justifications sont parfois écourtées et les productions d'élèves sont moins nombreuses.

[52] http://www.irem.univ-bpclermont.fr/IMG/pdf/Les_debuts_del_algebre_en_cinqieme.pdf

Le problème consiste à établir une formule qui permet de calculer le nombre de carreaux hachurés d'une figure construite selon le modèle ci-contre, quel que soit le nombre de carreaux sur le côté du carré.



Phase 1 :
1re étape : les élèves ont à résoudre le problème avec la figure donnée (cela permet de s'assurer qu'ils comprennent bien le problème)
2e étape : On demande aux élèves de calculer le nombre de carreaux hachurés avec un carré de 37 carreaux de côté. (Une fois les calculs effectués, une figure est affichée ce qui permet aux élèves de valider leurs résultats).

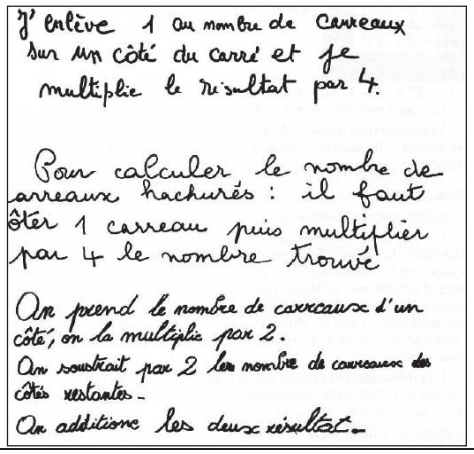
Phase 2 : Formulation du calcul
Consigne : "Vous venez d'utiliser une méthode pour calculer le nombre de carreaux hachurés quand le côté du carré en compte 37. Maintenant vous allez décrire cette méthode, en une ou plusieurs phrases, pour qu'elle permette de calculer le nombre de carreaux hachurés pour n'importe quel carré construit sur le même modèle"

Exemples de formulation obtenue :

Phase 3 : débat collectif sur la validité des formulations.
Au passage disent les auteurs, lors de cette phase, c'est l'occasion de constater qu'il est possible de formuler différemment une même méthode !

Phase 4 : Passage d'une formulation à une formule (selon les mots du texte)
Le professeur propose aux groupes d'élèves : "on cherche maintenant à écrire un calcul du nombre de carreaux hachurés qui serait vrai pour tous les carrés. Quand les mathématiciens sont confrontés à ce type de problèmes, ils donnent un nom au nombre de carreaux sur le côté du carré ; ils l'appellent par exemple n (n désigne un nombre). Et ils écrivent leur procédé de calculs en n'utilisant que la lettre n, des symboles (+,-, x,÷), des parenthèses et des nombres. Vous allez devoir traduire votre méthode en un calcul respectant les règles d'écriture qui sont celles des mathématiciens, sans utiliser de mots."

Ci-contre des exemples de formules produites par les élèves.



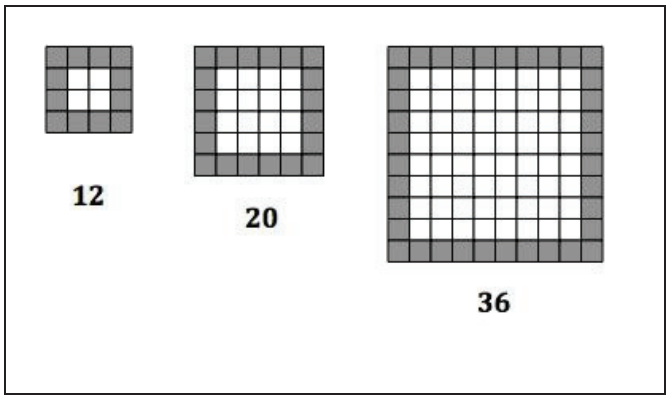
Encadré 14 : Présentation de l'instanciation de la situation des carrés bordés de Combier et al. (1996) par Lé Quang et Noirfalise (2008).

Les ressources mères pointées comme essentielles en 2013 et 2014 permettent de repérer la situation didactique choisie par Mathieu. La modélisation de la tâche contextualisée à cette situation constitue notre outil d'analyse du modèle opératif qui oriente le travail de préparation de Mathieu en 2013 et 2014.

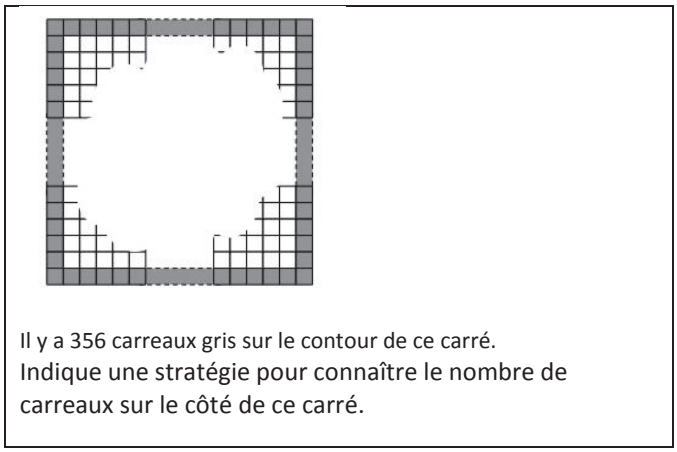
7.2.2. **Ressources filles produites**

En 2013, la ressource fille de Mathieu est constituée par deux fiches papier destinées aux élèves (Encadré 15, Encadré 16). Elles présentent des figures de carrés aux bords grisés qui ont été produites en appui sur la ressource mère 2013 de Mathieu et qui ont été extraites de la MRD sans modification ni mise en forme. La fiche élève (2) présente la première tâche envisagée par Mathieu au cours de sa préparation. Cette tâche est révisée à diverses reprises (§7.4.4.3), mais ce constituant de la ressource fille n'est pas actualisé. Ce résultat montre que la ressource fille ne porte pas obligatoirement les traces des derniers choix effectués. Par ailleurs, au cours de l'observation, nous

n'avons pas repéré que Mathieu utilisait un support pour se repérer dans la conduite de sa séance. Pour s'en assurer nous l'avons interrogé et celui-ci nous a dit avoir le scénario en tête.



Encadré 15 : Fiche élève (1) utilisée en classe par Mathieu en 2013



Encadré 16 : Fiche élève (2) utilisée en classe par Mathieu en 2013

En 2014, la ressource fille de Mathieu possède différents constituants :

- une fiche scénario pour le professeur (Encadré 17) ;
- une fiche d'activité des élèves produite par le professeur (Encadré 18),
- une fiche d'aide individuelle ou par groupe produite par le professeur (Encadré 19) ;
- une animation GIF[53] sélectionnée sur Internet, présentant un carré faisant apparaître alternativement les coins en rouge (Encadré 20) ;
- un diaporama constitué de 11 diapositives reproduisant les ressources données aux élèves, apportant des éléments de correction, complétant les aides. Par ailleurs, la plupart des diapositives possède des commentaires pour aider la gestion didactique du professeur (par exemple, diapo 2 : « S'assurer que tout le monde parle de la même chose », diapo 4 : « 10' STOP grande pause, Individuel puis groupe »).

[53] http://www.anglaisfacile.com/cgi2/myexam/images2/57036.gif

Recherche du nombre de carreaux grisés

Phase 1 :

1ère étape : Individuelle (5')

Compléter la fiche = compter les carreaux sur le contour
Pas de consigne autre que le titre
Validation au tableau

2ème étape : Individuelle puis groupe (5' + 10')

« Détermine le nombre de carreaux grisés avec un carré de 37 carreaux de côté. »
Validation collective + diapo avec le dessin

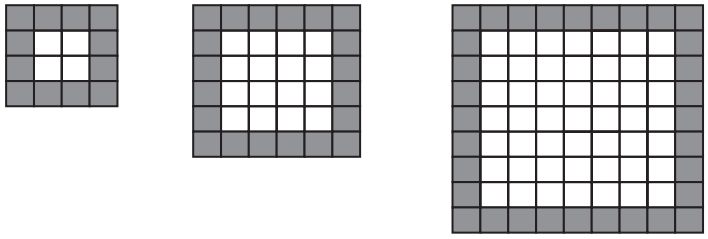
Phase 2 : en groupe (20')
« Décrire la méthode » = *formulation en langage naturel*
Affiches A3

Phase 3 : collectif (10')
Débat collectif sur la validité des formulations (plusieurs formulations)

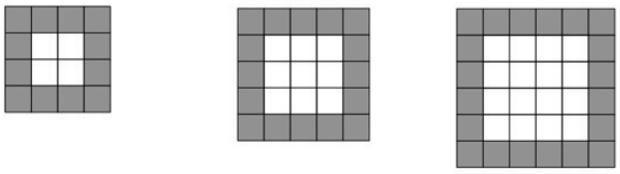
Phase 4 : en groupe (10' mais facultatif)
Passage de la formulation à la formule

Encadré 17 : Fiche scénario du professeur

Recherche du nombre de carreaux grisés



Encadré 18 : Fiche d'activité individuelle des élèves.



Encadré 19 : Fiche d'aide individuelle.

Encadré 20 : Animation GIF faisant apparaître alternativement les coins rouges.

Cette ressource fille 2014 est très éloignée de la $MRD_{étape3}$ produite en 2014. Si on retrouve dans la MRD les figures de carrés de la fiche d'activité et de la fiche d'aide, elles sont alors présentées comme des alternatives possibles pour engager les élèves dans le problème (Tableau 59).

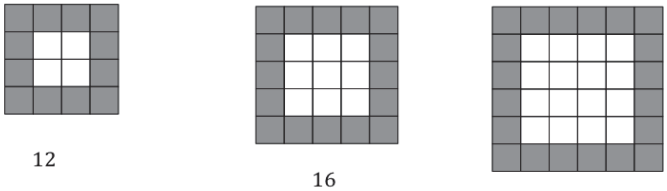
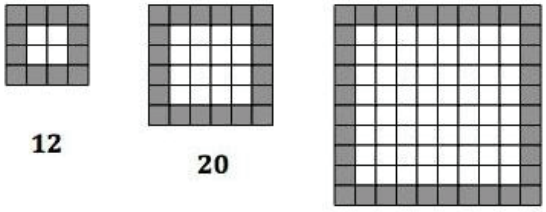
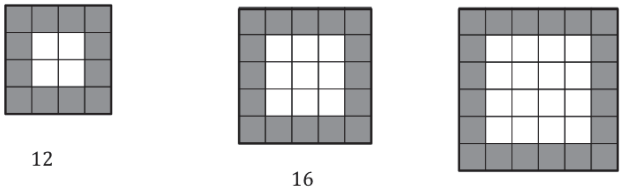
Repère « Le scénario »	**Etape 1 :** en groupe de 4 (15') Je souhaite conserver l'idée du problème sans question.  12 16 20 J'ai envisagé de donner 3 carrés "consécutifs" : Mais j'ai peur d'induire une méthode pour la suite. Qu'en pensez-vous? Sinon, je reprends le même document que l'année dernière:  **12** **20** **36** Je peux encore leur proposer de retrouver 1 ou 2 nombres :  12 16 ……..

Tableau 59 : extrait de la $MRD_{étape3}$ de Mathieu

La ressource fille de Mathieu subit de profondes transformations entre 2013 et 2014. Ces transformations constituent des données pour inférer les éléments constitutifs des savoirs-processus du modèle opératif qui oriente le travail de préparation de Mathieu.

7.2.3. Modélisation du WP_{HC} de Mathieu

Nous nous appuyons sur la modélisation que nous avons proposée du WP_{HC} au sein du collectif (§ 6.2.3.1) pour mettre en évidence les particularités du travail de préparation de Mathieu (Figure 20). Son travail documentaire se différencie de celui des autres membres du collectif par une collaboration avec un professeur de la même discipline et il est caractérisé par l'usage d'une ressource mère pointée comme essentielle en 2013, mais également en 2014 (en violet).

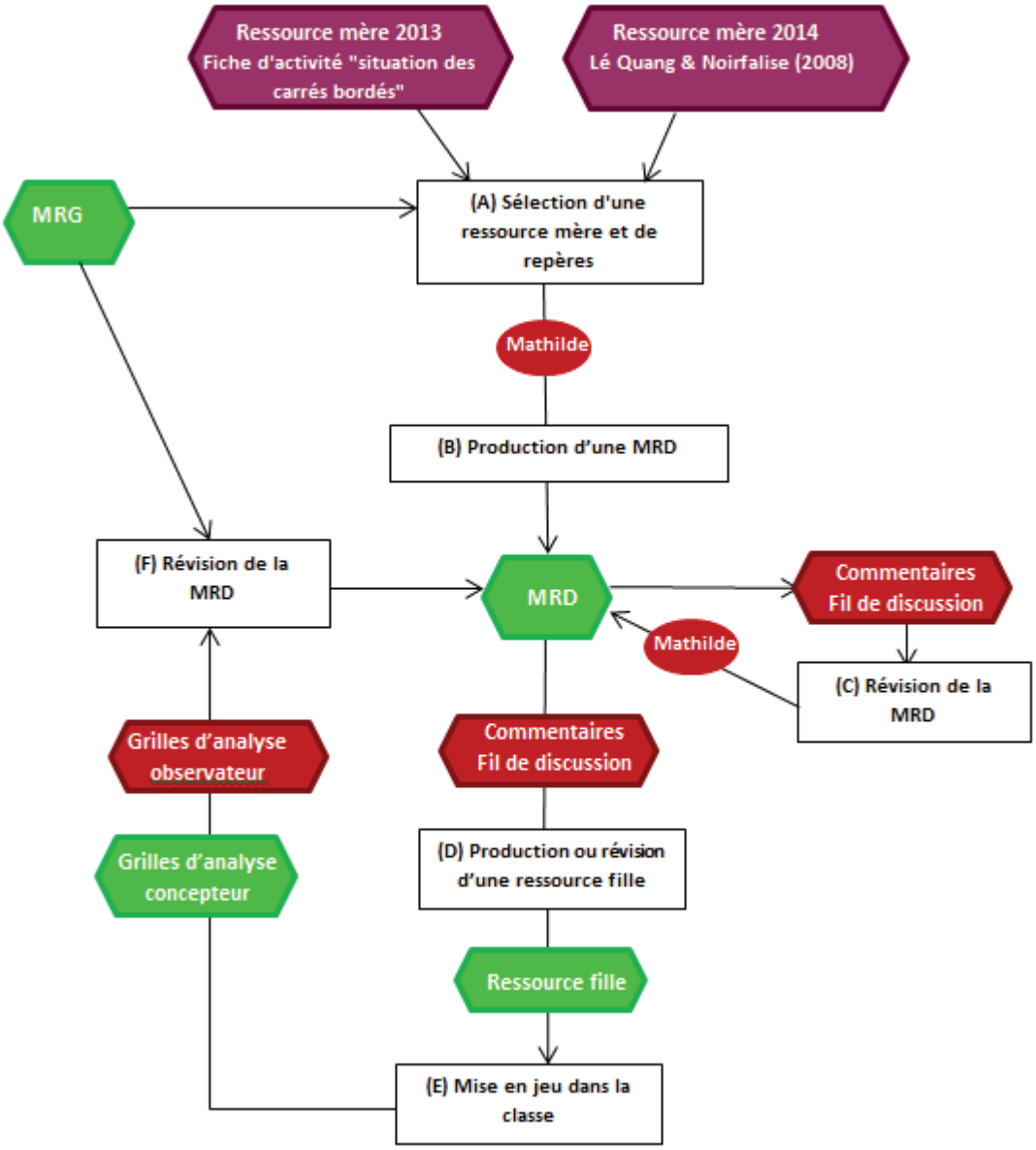


Figure 20 : Modélisation du travail de préparation de Mathieu entre 2013 et 2014 (en vert et violet les ressources du professeur, en rouge les ressources du collectif)

7.3. Modélisation de la tâche experte contextualisée

La modélisation de la tâche repose sur une instanciation des buts génériques d'un WP_{HC} à la situation des carrés bordés (§ 4.3). Cette modélisation nécessite d'effectuer une analyse didactique de cette situation. N'étant pas didacticienne des mathématiques nous nous sommes attachée à comprendre les enjeux de l'enseignement et l'apprentissage de l'algèbre au collège et les caractéristiques de cette situation mathématique à partir de trois types de ressources :

1. Deux documents d'accompagnement institutionnels de référence :

- le premier, « Algèbre et fonctions » du groupement national d'équipes de recherche en didactique des mathématiques, édité au début des années 1990 par la Direction de l'enseignement scolaire[54], est une synthèse des premières recherches sur le sujet ;
- le deuxième, « Du numérique au littéral » est une ressource Eduscol éditée en 2008 [55] qui a pour objectif de soutenir l'enseignement de l'algèbre dans les programmes en vigueur lors de la recherche et qui fait référence à la situation des carrés bordés ;

2. des publications scientifiques sur des recherches en didactiques sur l'algèbre, d'une part des publications fondatrices identifiées dans la ressource « Algèbre et fonctions » (Booth, 1984 ; Chevallard, 1989b ; Kieran, 1990 ; Vergnaud, 1988), d'autre part des publications plus récentes (Alves et al., 2013 ; M. Artigue, 2012b ; Chevallard, 2007) ;
3. des publications relatives à des analyses didactiques de différentes instanciations de la situation des carrés bordés (Combier et al., 1996 ; Coulange & Grugeon, 2008) ainsi que la ressource mère identifiée par Mathieu en 2014 (Lé Quang & Noirfalise, 2008).

Nous présentons la modélisation de la tâche experte à partir de ses dimensions critiques : caractériser la référence (§ 7.3.1), attribuer une signification (§ 7.3.2) et soutenir la manifestation (§ 7.3.3). Pour chacune d'entre elles nous mettons en évidence les appuis et les faiblesses des ressources mères sélectionnées par Mathieu en 2013 et en 2014 pour soutenir son travail de préparation.

7.3.1. Caractériser la référence

La caractérisation de la référence de la tâche experte repose sur une analyse épistémologique et une analyse curriculaire du savoir de référence.

[54] CE DOCUMENT EST ACCESSIBLE SUR LE SITE ACADEMIE D'ORLEANS : HTTP://MATHS.AC-ORLEANS-TOURS.FR/FILEADMIN/USER_UPLOAD/MATHS/RUBRIQUE_INSTITUTIONNELLE/TEXTES_INSTITUTIONNELS/ALGEBRE-ET-FONCTIONS.PDF

[55] HTTP://MEDIA.EDUSCOL.EDUCATION.FR/FILE/PROGRAMMES/17/3/DU_NUMERIQUE_AU_LITTERAL_109173.PDF

- ***Le savoir de référence***

Le savoir de référence de la situation des carrés bordés est la production d'une formule dénommée selon les auteurs et les contextes *expression littérale* ou *programme de calcul*. Chevallard souligne dès 1989 l'importance à la fois de la mise en œuvre mais aussi de la production de formule :

> « La fonctionnalité du calcul algébrique qu'une perspective de renouvellement curriculaire doit viser (...) suscite la réappropriation de la notion de formule (en mettant en avant autant leur production que leur mise en œuvre) » (pp. 65-66).

- ***Le domaine de connaissance***

La situation des carrés bordés se situe dans le cadre de l'algèbre (généralisation à n'importe quel carré et écriture d'une expression littérale). Lé Quang & Noirfalise (2008) soulignent l'intérêt de cette situation pour introduire l'algèbre au collège, en rappelant que l'un de ses objectifs est de « représenter de façon concise et non ambiguë des programmes de calcul » (p. 4), à partir d'un langage spécifique dont les élèves doivent apprendre le code.

- ***Les obstacles épistémologiques***

Combier et al. (1996) considèrent que « La figure donnée au départ [*un carré de 5 carreaux sur le côté*] suffit pour établir une formulation générale ou pour émettre une conjecture après avoir construit plusieurs figures de dimensions différentes. » et que « Tous les élèves sont à même de produire une réponse. » (p. 42). Cette simplicité de la tâche donnée aux élèves n'est pas partagée par tous les didacticiens. En effet, la résolution algébrique d'un problème ne peut être vue comme une simple généralisation de sa résolution arithmétique (Kieran, 1990). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre suppose des ruptures épistémologiques susceptibles de créer des obstacles pour les élèves (Alves et al., 2013 ; M. Artigue, 2012b ; Vergnaud, 1988). Nous partageons ces points de vue et identifions dans la situation des carrés bordés deux obstacles principaux, le premier est lié au type de problème à résoudre, le second au statut de la lettre. En référence à Kieran (1990), nous exprimons ces obstacles en termes de *discontinuité* et de *fausse continuité*. Il existe une *discontinuité* entre le problème arithmétique consistant à calculer le nombre de carreaux sur le côté d'un carré particulier et le problème algébrique consistant à proposer une formule pour calculer le nombre de carreaux sur le côté de n'importe quel carré. En effet résoudre le problème arithmétique conduit à travailler sur des quantités connues en progressant pas à pas du connu vers l'inconnu, alors que résoudre le problème en algèbre consiste à exprimer des relations entre ces quantités, les quantités inconnues étant représentées par des lettres. Il existe une *fausse continuité* entre les usages de la lettre dans les différents domaines mathématiques. À l'école élémentaire et au début du collège les élèves ont déjà manipulé des lettres dans cette discipline. Une lettre peut représenter un objet (ex : un point), un symbole d'unité (ex : m pour le mètre), une grandeur (ex : l pour largeur). En algèbre, une lettre remplace n'importe quel nombre. Les élèves ont beaucoup de difficultés à envisager cet usage de la

lettre (Booth, 1984). Par ailleurs, une lettre, remplaçant n'importe quel nombre, peut avoir différents statuts. Dans la situation des carrés bordés, lors de l'établissement de la formule, la lettre possède le statut d'une variable (la valeur du nombre de carreaux sur le côté dépend de la valeur du nombre de carreaux sur le contour), elle peut encore prendre le statut d'inconnu quand il s'agit de vérifier la formule sur d'autres carrés et le statut d'indéterminé s'il s'agit de comparer différentes formules entre elles.

Lé Quang & Noirfalise insistent sur la nécessité d'un apprentissage du code de l'algèbre mais sans pointer ni expliciter ces ruptures épistémologiques. En effet, leur écrit laisse penser qu'une multiplication de calculs suffit à produire une expression littérale :

> « Le calcul répété du nombre de carreaux grisés doit permettre de dégager une méthode générale de calcul qui sera traduite en « programme de calcul » » (p. 6)

Ils semblent également postuler que les formules usuelles rencontrées, même si les lettres utilisées représentent des objets et non pas n'importe quel nombre, sont suffisantes pour utiliser une lettre dans une expression littérale :

> « Ils ont aussi déjà vu l'utilisation de formules. Ainsi ils savent que l'on peut exprimer l'aire d'un rectangle par la formule « A = l . L » A pour aire, l pour largeur et L pour longueur. » (p. 3)
>
> « Leur répertoire formé à la fois des règles d'écritures des calculs en ligne et de l'usage de lettres pour abréger un nom devait les autoriser à produire des formes algébriques. » (p. 5).

- ***Le programme***

Cette situation est en adéquation avec le programme de la classe de 5e qui a pour objectif de familiariser les élèves avec les expressions littérales et avec les raisonnements qui conduisent à leur production. La production d'expression littérale est une capacité attendue, mais qui n'est pas requise pour la maîtrise du socle (Tableau 60). En 6e, il n'y a pas de connaissance ou de capacités relatives au calcul littéral qui soient explicitement prescrites, toutefois une initiation des élèves aux écritures littérales est recommandée dans un commentaire de la partie « grandeurs et mesures » (MEN, 2008, p. 18), en conséquence la situation des carrés bordés peut également être proposée à des élèves de ce niveau.

Parties du programme	**Objectifs**	**Connaissances**	**capacités**
Organisation et gestion des données, fonctions	Se familiariser avec des écritures littérales	Expressions littérales	Utiliser des expressions littérales *Produire des expressions littérales*
Nombres et calculs	familiariser les élèves aux raisonnements conduisant à des expressions littérales	*Initiation à la notion d'équation*	*Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques.*

Tableau 60 : Textes du programme de la classe de 5e relatif au calcul littéral (en italique : non exigible pour le socle). (MEN, 2008, p. 19 et p. 23)

7.3.2. Attribuer une signification

L'attribution d'une signification à la tâche$_{HC}$ repose sur une analyse de la valeur épistémologique des conjectures et de la résistance du problème qui sont en jeu dans la situation.

- ***La valeur épistémologique des conjectures***

Le problème mathématique qui fonde cette situation consiste à établir une formule pour calculer le nombre de carreaux bordant un carré, quel que soit le nombre de carreaux sur le côté de ce carré. Les conjectures attendues correspondent à une méthode de calcul mettant en relation le nombre de carreaux sur le côté avec le nombre de carreaux sur le contour. Cette méthode, valable pour n'importe quel carré doit être exprimée sous forme d'une expression algébrique utilisant la *lettre*. La conjecture attendue possède la valeur épistémologique recherchée.

- ***La résistance du problème***

Le problème porté par la situation des carrés bordés possède une diversité de solutions qui sont pointées par Lé Quang et Noirfailise :

> « Un des intérêts du problème posé est que le résultat peut se calculer avec plusieurs programmes de calcul : Si N est le nombre de carreaux hachurés et n le nombre de carreaux du côté du grand carré, on peut trouver, selon la façon de les compter : N = 4n-4 ; N = 4(n-2)+4; N = 4(n-1) ; N = 2n+2(n-2) ; N= n.n-(n-2).(n-2) » (p. 3)

Par ailleurs, ces programmes de calcul ou formules peuvent être obtenues de différentes façons :

- Un dénombrement sur des cas particuliers peut conduire à identifier qu'il ne faut pas compter deux fois les carreaux situés dans les coins. Cette approche peut conduire à des formules du type : N = n +2(n-1) + (n-2) ; N = 4n – 4 ; N = 4(n-2) + 4 ; N = 2n + (n-2) x 2.
- Un raisonnement sur les aires délimitées par les côtés extérieurs et par les côtés intérieurs des carreaux du contour conduit à la formule $N = n^2 – (n-2)^2$.
- L'étude de carrés consécutifs que ce soit à partir du dénombrement des carreaux sur le contour, de la construction de carrés ou de l'identification de la loi de formation des carrés (« si on repousse les bords en ajoutant un carreaux sur le côté, il est nécessaire d'ajouter un carré dans chaque coin »), conduit à identifier un facteur + 4 quand on ajoute un carreau sur le côté d'un carré. Ces approches conduisent aux formules suivantes : N = 4n – 4 et N = 4 (n-1).

La diversité des conjectures, et des procédures pour les identifier, mettent en évidence qu'il s'agit d'un problème ouvert. Cette caractéristique est pointée dans la ressource mère 2014. Leur analyse nous permet de préciser les *conditions* et les *données* (§ 3.4.2) du problème (Tableau 61). Selon celles qui seront apportées aux élèves, mais également selon le guidage du professeur pour identifier les procédures permettant de conjecturer et de construire une argumentation, le problème sera plus ou moins *complet* et donc plus ou moins *résistant* (§ 4.1.3).

Données	Conditions
• Figure(s) de carré : consécutif(s) ou non consécutif(s). • La variable (nombre de carreaux sur le côté ou nombre de carreaux sur le contour). • Nombre de carreaux sur un carré (côté ou contour) qui puisse être dénombré ou non dénombré. • La lettre à utiliser pour désigner le nombre de carreaux sur le côté et sur le contour.	• Un carré a 4 côté de même longueur. • Un carreau ne peut être pris en compte deux fois. • Quand on ajoute un carreau sur le côté, on ajoute 4 carreaux sur le contour. • Le dénombrement et la construction de carré ne sont pas possibles si le nombre de carreaux est trop important. • La méthode (formule ou langage naturel) doit pouvoir être vérifiée sur une figure de carré par comptage. • Une lettre peut remplacer n'importe quel nombre de carreaux sur le côté. • La formule doit permettre de calculer le nombre de carreaux sur le côté de n'importe quel carré. • Les écritures et les règles du calcul littéral (factorisation, parenthésage et ordre des opérations)

Tableau 61 : Données et conditions de la situation des carrés bordés.

Le problème qui consiste à choisir comme variable non pas le nombre de carreaux sur le côté du carré mais le nombre de carreaux sur son contour est une variante de la situation des carrés bordés. Les conjectures peuvent être proposées à partir du dénombrement sur des carrés qui permettent d'identifier qu'un carreau ne doit pas être compté deux fois. On arrive à des formule du type : N/4 + 1 ou N/2 + N/2 + 2. Elles peuvent encore être identifiées à partir de la loi de formation des carrés, qui permettent d'identifier qu'il faut ajouter 4 carreaux sur le contour pour en ajouter 1 sur chaque côté ou qu'en ajoutant un carreau sur le contour on ajoute un quart de carreau sur le côté. On arrive alors à des formules du type : 4n = N + 4 ou n = N/4 + 1. Le choix de cette variable réduit la diversité des formules possibles et introduit des divisions et des fractions qui sont plus difficilement manipulables par les élèves que les autres opérations (+, -, x) et que les nombres entiers. Ce changement de variable rend donc le problème plus fermé et plus résistant.

7.3.3. Soutenir la manifestation

Il s'agit d'analyser l'accessibilité de la production de formules par les élèves et l'identification des inducteurs de problématisation susceptibles de soutenir la production de formules.

- ***Analyser l'accessibilité de la production de formules par les élèves***

Si on se réfère aux programmes, les données et les conditions du problème (Tableau 61) sont des prérequis des élèves de 6e et 5e. Cependant, dans le contexte d'enseignement de Mathieu (collège en zone prioritaire), les connaissances des élèves sont fragiles, elles risquent d'être insuffisantes, même en classe de 5e, pour positionner correctement le problème de la situation des carrés bordés.

Par ailleurs, si les élèves de 5e commencent à connaître quelques règles du calcul littéral, les obstacles liés au type de problème et à la lettre en algèbre (§ 7.3.1) peuvent rendre difficile l'identification de certaines conditions comme « Une lettre peut remplacer n'importe quel nombre de carreaux sur le côté » ou « La formule doit permettre de calculer le nombre de carreaux sur le

côté de n'importe quel carré. ». Les difficultés soulevées par ces obstacles ne semblent pas reconnus dans la ressource mère 2014 de Mathieu :

> « L'expérience acquise par les élèves en sixième et en début de cinquième nous permettait d'espérer et cela s'est vérifié, que certains d'entre eux arrivent à des représentations de programmes de calcul pas trop éloignées de la forme algébrique. Leur répertoire formé à la fois des règles d'écritures des calculs en ligne et de l'usage de lettres pour abréger un nom devait les autoriser à produire des formes algébriques. » (Lé Quang et Noirfalise, 2008, p. 6)

Il est encore plus difficile pour des élèves de 6e de produire un programme de calcul qui utilise le code algébrique car les bases du calcul littéral sont encore moins maîtrisées qu'en 5e.

- ***Soutenir la production de formules par des inducteurs***

Coulange & Grugeon (2008) ont analysé l'utilisation de la situation des carrés bordés pour des élèves de fin de collège aux compétences algébriques défaillantes. Leurs analyses dégagent des propositions pour aider les élèves à positionner le problème, produire des formules et proposer des moyens pour les tester. Nous les avons résumées et mises en relation avec les opérations de la problématisation qu'elles sont susceptibles de soutenir dans le Tableau 62. Etant donné les obstacles épistémologiques liés au savoir de référence et les acquis encore peu développés des élèves de début de collège, nous faisons l'hypothèse qu'il est nécessaire d'introduire des inducteurs de problématisation dans la situation afin que les élèves puissent produire une conjecture argumentée. Nous envisageons les propositions de Coulange & Grugeon (2008) comme des appuis pour la conception de tels inducteurs.

Propositions	**Opérations de problématisation**
S'assurer que les élèves comprennent la situation générique à modéliser (les figures, les nombres associés, le vocabulaire mobilisé, la variable étudiée).	Percevoir le problème, identifier les données et conditions apportées par le problème, et construire des conditions
Faire passer les élèves par une phase de dénombrement et de recherche de stratégies de calcul numérique sur des cas simples.	
Faire passer les élèves par un cas plus complexe nécessitant de se détourner d'une stratégie de dénombrement.	Reformuler le problème, identifier et articuler conditions et données.
Mutualiser les différentes expressions numériques et stratégies de calcul pour constituer un milieu riche constituant un appui à la production et à la validation d'une formule algébrique.	Construire des données, les relier aux conditions, élaborer des conjectures.
Laisser les élèves choisir les lettres de façon à leur montrer que la lettre choisie pour désigner une variable importe peu.	Construire des conditions, élaborer des conjectures.
S'appuyer sur d'éventuels contre-exemples, par des allers-retours avec les figures proposées.	Délimiter le champ des possibles.

Tableau 62 : Propositions pour aider les élèves dans les opérations de problématisation (d'après Coulange & Grugeon, 2008).

- ***Le soutien des ressources mères pour définir la manifestation du WP_{HC}***

Nous recherchons ce qui, dans les ressources mères 2013 (§ 7.2.1.1) et 2014 (§ 0), est susceptible de soutenir la manifestation du travail de préparation de Mathieu en nous appuyant sur les propositions de Coulange & Grugeon (2008), (Tableau 62). Cette analyse suit les quatre phases de la situation des carrés bordés décrites dans la ressource mère 2014 (Encadré 14).

- Première phase :

Dans la première étape, la proposition d'une figure de carré possédant un nombre réduit de carreaux initie le problème dans un cadre algébrique. Cette figure permet de résoudre le problème à partir d'un dénombrement, elle constitue un inducteur pour comprendre ce qui est recherché et pour différencier le nombre de carreaux sur le contour du périmètre ou de l'aire. Une telle figure existe dans les ressources mères 2013 et 2014. La ressource mère 2014 précise que « cela permet de s'assurer qu'ils *(les élèves)* comprennent bien le problème » (2008, p. 2), mais ils ne précisent pas en quoi.

Dans la seconde étape, l'introduction d'un carré particulier dont le nombre de carreaux ne peut pas être dénombré (256 par exemple dans la ressource mère 2013, 37 dans la ressource mère 2014) constitue un inducteur pour reformuler le problème dans un cadre numérique, et pour identifier des conditions nécessaires à la production d'une formule comme par exemple « un carreau ne peut être pris en compte deux fois ». Ce deuxième carré constitue également un inducteur qui aide à identifier la variable, c'est-à-dire le nombre de carreaux sur le côté (identifier les données du problème). L'introduction de la figure de ce carré de 37 carreaux, après un temps de recherche, peut constituer un inducteur pour aider à penser la vérification des résultats. Les intentions didactiques liées aux tâches proposées aux élèves, à partir d'un tel carré, ne sont pas analysées par la ressource mère 2014.

- Deuxième phase :

La production d'une formule en langage naturel, comme un objectif intermédiaire, constitue un inducteur susceptible d'aider à dépasser l'obstacle qui consiste à passer d'un problème arithmétique à un problème algébrique. L'introduction de cet inducteur semble particulièrement importante pour des élèves qui n'ont pas encore acquis les bases du calcul littéral. Cet inducteur qui n'est pas présent dans la ressource mère 2013 est proposé et analysé dans la ressource mère 2014. Cette dernière met en évidence la dissociation possible entre l'établissement d'une formule dans la *langue usuelle* ou *langage naturel* et son expression dans le code de l'algèbre :

> « Les élèves invités à décrire le programme de calcul utilisé le font en un premier temps avec la langue usuelle. Il n'y a pas nécessité à recourir à l'écriture littérale pour ce faire » (Lé Quang & Noirfalise, 2008, p. 3)
>
> « Certains groupes d'élèves proposent des méthodes de calcul qui font appel à deux variables car ils n'ont pas vu la relation les reliant, d'autres essaient d'expliquer en langage naturel leur façon de faire » (p. 6)

Les auteurs illustrent ces propos de différentes productions d'élèves dont certaines sont tirées de l'article de Combier et al. (1996), cependant ils n'analysent pas l'intérêt didactique de cette étape.

- Troisième phase

La mutualisation des propositions des élèves est un inducteur qui peut permettre aux élèves de prendre conscience de la diversité des propositions et de la nécessité de les questionner. Un tel inducteur peut donc être une aide pour construire une argumentation conduisant à relier données et conditions et induire la nécessité de tester les propositions sur des carrés particuliers. La ressource mère 2013 ne porte aucune trace relative à une telle mutualisation, Mathieu souligne que la résolution du problème se faisait de façon individuelle. La ressource 2014 propose « un débat collectif sur la validité des formulations » (Encadré 14) et le justifie :

> « L'intérêt de cette situation est de conduire à la création d'un milieu où apparaissent plusieurs programmes de calcul opérant sur un nombre variable » (p. 3)

- Quatrième phase

Il s'agit dans cette phase de passer d'une formulation en langage naturel à une expression algébrique. Les inducteurs pouvant soutenir cette phase sont ceux qui induisent la nécessité d'exprimer la formule dans un langage codé et ceux qui aident à dépasser les fausses continuités de la lettre en algèbre. La ressource mère 2013 laisse à la totale charge des élèves l'écriture d'une expression littérale et la ressource mère 2014 leur donne les règles d'écritures du calcul algébrique (Encadré 14).

L'analyse didactique et épistémologique de la situation des carrés bordés nous a permis de modéliser la tâche experte correspondante. Cette modélisation constitue l'outil d'analyse du modèle opératif qui oriente l'activité de Mathieu. La ressource mère 2013 reconstruite par Mathieu ne présente aucun élément d'analyse permettant de soutenir le travail de préparation, en revanche la ressource mère 2014 met en évidence l'intérêt de cette situation pour introduire l'algèbre et l'importance de la production de formules dans les apprentissages de l'algèbre. En décrivant et en analysant le scénario proposé par Combier et al. (1996), cette ressource, d'une part met en évidence un certain nombre d'inducteurs susceptibles d'aider les élèves à produire des formules, et d'autre part pointe les fonctions de certains d'entre eux. Elle permet également d'identifier la résistance du problème (différentes solutions possibles), de repérer les acquis des élèves de 6e et 5e, en revanche il ne présente pas les ruptures épistémologiques liées au passage de l'arithmétique à l'algèbre et aux usages de la lettre en algèbre.

7.4. Evolutions des savoirs-processus

Cette partie analyse des évolutions des savoirs-processus qui guident les actions du WP_{HC} de Mathieu entre 2013 et 2014. Ces analyses sont présentées à partir des dimensions critiques de l'activité identifiées par les repères mentionnés par le professeur dans sa MRD : « Choisir un problème »

(§ 7.4.1), « Analyser le savoir de référence » (§ 7.4.2), « Analyser les prérequis des élèves » (§ 7.4.3), « Construire un scénario » (§ 7.4.4), « Soutenir la manifestation » (§ 7.4.5).

Les savoirs-processus, notés SP, les buts Bu, les indices IN, les connaissances de référence CR et les règles d'action RA. Ils sont décrits à partir d'un corpus présenté dans une table. La couleur de police permet de repérer l'origine du corpus :

- en noir, les ressources produites par le professeur : MRD, MRG, et constituants de la ressources fille ;
- en bleu, les réponses de Mathieu aux commentaires introduits dans ses MRD ;
- en vert, les transcriptions de l'entretien pré-séance ;
- Les éléments apportés par le chercheur pour aider la compréhension du corpus sont en italique.

Chaque SP est ensuite analysé du point de vue des évolutions du sens qu'il est susceptible de conférer au WP_{HC} et de l'influence du collectif sur ces évolutions.

7.4.1. Dimension critique « Choisir un problème »

Le repère « Choix du problème » en 2013 et « Choisir un problème » en 2014 correspondent à une dimension critique de la préparation que nous intitulons « Choisir un problème ». Le corpus réuni autour de ces repères permet de décrire deux SP : le SP « Savoir choisir un problème» qui détermine les grandes orientations liées au choix du problème (§ 7.4.1.1), et le SP « Savoir choisir le contexte du problème » qui détermine un choix plus local sur le contexte du problème (§ 0). Bien que les repères correspondants à cette dimension critique soient indiqués dans la MRD en dernier en 2013 et en second en 2014, nous faisons le choix de la présenter en premier car les SP correspondants montrent qu'ils ont guidé le début du travail de préparation.

7.4.1.1. SP : « Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture »

- ***Description du SP « Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture » (Table 1)***

En 2013, le but est de choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture. Mathieu part de son expérience et de ses ressources (RA1). Sachant que la conjecture est liée à une généralisation sur des cas particuliers (CR1), et se souvenant d'une activité sur le calcul littéral (IN1) il choisit cette activité qui permet de généraliser sur des cas particuliers avec un moyen de vérification assez simple (RA2).

En 2014, si le but et la règle d'action de ce savoir-processus sont inchangés, les indices, et les connaissances de référence relatives aux conjectures évoluent au cours de la préparation. Dans un premier temps, le dernier focus group (IN1) permet à Mathieu de relier sans hésiter la conjecture à une généralisation exprimée sous forme d'une formule littérale (CR1). Dans un deuxième temps, la

lecture du document IREM[56] (IN2) permet de prendre en compte le commentaire de Fiana qui le questionne sur les conjectures pouvant être formulées à partir du problème choisi (IN3) et lui permet de reconnaître une autre forme de la conjecture, une forme intermédiaire en langage naturel (CR2).

Corpus	Eléments du SP
2013 : • Ce problème a été choisi pour (…) favoriser l'émergence d'une conjecture **2014** • Repère indiqué dans la MRD : « Choisir un problème » • Description du repère dans la MRG : « Le problème choisi doit conduire à (…) la proposition de plusieurs hypothèses ou conjectures »	**BU**

2013

• qu'est-ce que je fais déjà en 6e et 5e dans cette partie de l'année et qui colle le plus à l'émergence d'une conjecture, et que je pourrai du coup reprendre et adapter	**RA1**
• A un moment, j'ai pensé à cette activité que j'avais déjà faite sur le calcul littéral, le passage du cas particulier au cas général et puis avec un moyen de vérification assez simple. • D'abord, dans toutes les réunions qu'on a eues avant j'ai eu du mal à me positionner par rapport à la conjecture	**IN1** **IN2**
• On est parti de ça (*activité déjà réalisée sur le calcul littéral*).	**RA2**
• L'idée principale était qu'à partir d'exemples "petits", on pouvait, grâce aux lettres, généraliser et établir une formule. C'est à ce niveau que je situe la conjecture. • Pour moi la conjecture, c'est essentiellement en géométrie • Je travaille en histoire avec mes 6e et là je peux leur parler de la conjecture de Fermat qui en 94 est devenue le théorème de Fermat car il a été démontré (…) pour moi le sens du mot conjecture il est là. (…) Et ben je suppose que sur la somme des angles fait 180°, il y a un mec qui a dû se dire, tient si on ajoute ça fait 180°. Est-ce que c'est vrai tout le temps ? Et bien maintenant je vais essayer de le démontrer. • j'ai que des 6e et des 5e donc les élèves ont peu d'outils pour démontrer après. • des exemples ne suffisent pas en mathématiques à démontrer, par contre un contre-exemple peut permettre de démontrer qu'une assertion est fausse, • Pour moi (…) le mot conjecture c'est plus des grandes trouvailles comme celles-là (*en référence au théorème de Fermat et à la propriété de la somme des angles d'un triangle)*	**CR1** **CR2** **CR3** **CR4** **CR5** **CR 6**

2014

• Le choix de ce problème n'en est pas véritablement un. • Je ne fais que reprendre le problème proposé l'année dernière.	**RA**

Indice et connaissance de référence Etape 1

• Après, sur la discussion qu'on a eu à la dernière réunion, moi je suis beaucoup plus tranquille parce que mon hypothèse je sais où elle est, elle est, enfin la conjecture.	**IN 1**
• la conjecture, elle est dans la généralisation et elle est dans ce qu'ils vont me dire en littéral.	**CR 1**

Indices et connaissance de référence Etape 2

• mais c'est aussi le document de l'IREM, quand je vois la formulation en langage naturel, je me dis mais c'est bon, ma conjecture elle se trouve là • je me dis ben ouais Fiana avait pas tellement tort, il y en a une de conjecture mais j'arrivais pas à la placer, là, en lisant ça, je me dis, elle est là.	**IN2** **IN3**
• ma conjecture c'est : « nombre de carreaux sur le contour égal nombre de carreaux sur le côté X 2 plus nombre de carreaux sur le côté moins 2 fois 2 »	**CR2**

Table 1 : extraits de corpus permettant d'identifier le SP « Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture » (2013, MRD$_{étape1}$; 2013 MRD$_{étape3}$)

[56] La ressource mère 2014, l'article de Lé Quang & Noirfalise est dénommé par Mathieu le « document IREM » ou « la fiche IREM », en conséquence pour rester proche de cette formulation nous utiliserons dans cette partie la dénomination « l'article IREM »

- ***Analyse des évolutions du SP « Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture »***

En 2013, ce SP soutient la sélection d'une ressource mère appartenant au système de ressources de Mathieu, une ressource correspondant à une instanciation de la situation des carrés bordés (§ 7.2.1.1). Si les années précédentes Mathieu utilisait cette ressource pour introduire le calcul littéral, il la sélectionne ici pour faire conjecturer les élèves. Il identifie dans cette situation la possibilité pour les élèves de généraliser, de formaliser leur généralisation en langage mathématique et de la tester sur des cas particulier. Ce SP guide le choix d'un problème qui attribue une valeur épistémologique aux conjectures. Il soutient ainsi la signification du WP_{HC}.

L'indice « j'ai eu du mal à me positionner par rapport à la conjecture » (IN2) et les écarts entre les caractéristiques du problème choisi et les connaissances de référence de Mathieu ou entre certaines connaissances de référence mettent en évidence qu'il s'agit d'un SP émergent. En effet, le domaine de la géométrie est reconnu comme le domaine privilégié au collège pour conjecturer (CR2) or l'activité choisie se situe dans le domaine de l'algèbre ; une conjecture doit pouvoir être démontrée (CR3) et ne pas se limiter à une vérification sur des exemples (CR5), or les élèves de 6e et 5e ont peu d'outils pour faire des démonstrations (CR4) ; une conjecture a une portée mathématique or celle de la conjecture attendue est limitée (CR6). Ces écarts introduisent certaines tensions exprimées par Mathieu :

> « Je me pose encore la question est-ce que l'activité qu'on a proposé lundi est…, permet de faire émerger une hypothèse ou une conjecture, je le pense mais c'est encore pas la conjecture au sens mathématique où je l'entends.» (Mathieu, entretien 2013, 2).

Les connaissances de référence de ce SP présente des concordances avec les 5 premiers mots ou expressions reliées au terme « conjecture » dans le remue-méninge par Mathieu :

> « la géométrie », « la démonstration », « l'argumentation », « la nécessité de démontrer (qui n'est pas évidente aux yeux des élèves) », « l'histoire des mathématiques » (Tableau 4).

En 2013, il semble que l'activité du collectif déstabilise les représentations professionnelles de Mathieu sur les conjectures mais insuffisamment pour que celles-ci puissent soutenir sans hésitation ce SP qui guide le choix du problème. Ce SP instable se précise en 2014 par une évolution de ses connaissances de référence. Les échanges, au sein des focus groups, jouent selon Mathieu un rôle pour mieux saisir le statut des conjectures :

> « Après, sur la discussion qu'on a eue à la dernière réunion, moi je suis beaucoup plus tranquille parce que mon hypothèse je sais où elle est, elle est, enfin la conjecture » (Mathieu, entretien 2014, 2).

Il souligne le rôle important de Fiana qui l'alerte sur la nécessité d'anticiper les conjectures attendues :

« Pour moi avant de développer le scénario j'aimerais que tu proposes une formulation d'hypothèse possible sur la notion/connaissance/concept de calcul littéral ». (Fiana, $MRD_{étape3,}$ commentaire 3).

« La première réaction, c'est celle de Fiana qui met les pieds dans le plat en disant, mais elle est où ta conjecture ? Mais elle est où ? J'ai un peu, accusé le coup » (Mathieu, entretien 2014, 10).

Lorsque Mathieu lit l'article IREM, l'intervention de Fiana semble lui permettre de pointer qu'une formulation en langage naturel est une forme de la conjecture :

Chercheur : « En quoi elle t'a éclairé cette fiche ? »

Mathieu : « C'est ce que je te disais tout à l'heure, c'est la formulation en langage naturel, oh, ouais, je me dis ben ouais, Fiana avait pas tellement tort, il y en a une de conjecture mais j'arrivais pas à la placer, là, en lisant ça, je me dis, elle est là. » (Mathieu, entretien 2014, 11 & 12).

7.4.1.2. SP « Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème»

- ***Description du SP « Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème »*** (Table 2)

Pour donner du sens au problème (BU), Mathieu et Mathilde s'intéressent au contexte à lui donner (RA1). L'instanciation de cette règle d'action évolue au cours de la préparation. Au cours de la première étape, ils construisent un contexte en référence à une mosaïque du château de Versailles (RA2). Au cours de la deuxième étape, le contexte choisi est jugé comme un peu « débile » (CR) et Mathieu et Mathilde prennent le parti d'inscrire le problème dans le domaine des mathématiques (RA3).

Corpus	**Eléments du SP**
• pour donner du sens à notre problème.	**BU**
• Nous avons beaucoup réfléchi au contexte.	**RA1**
2013 - Etape 1	
• Nous avons pensé construire un contexte, et nous pensions parler de mosaïque sur le sol d'une pièce du château de Versailles / on a essayé de construire un scénario autour un peu plus intéressant, un peu plus motivant pour les élèves, alors on avait même construit un scénario (…) sur la mosaïque	**RA2**
2013 - Etape 2	
• car (…) ça ressemblait trop au sketch de Gade Elmaleh (…) c'était un peu débile	**CR**
• nous avons abandonné cette idée • on a plutôt pris le parti de faire des maths	**RA3**

Table 2 : Extraits de corpus permettant d'identifier le SP « Savoir choisir le contexte du problème » (2013, $MRD_{étape1}$)

- ***Analyse des évolutions du SP « Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème »***

En 2013, ce SP guide le choix du contexte du problème qui est perçu comme un inducteur pour aider la *dévolution* (§ 5.2.1.2) du problème, c'est-à-dire pour transférer aux élèves la responsabilité de positionner et construire un problème, et de conjecturer. Ce SP contribue donc à soutenir la

manifestation du WP_{HC}. Si, au cours de la première étape de la préparation, ce SP guide le choix d'un contexte ancré dans une situation réelle, durant la seconde, cet inducteur est jugé comme contreproductif, et un problème interne à la discipline, ancrant l'activité des élèves en référence à celle des mathématiciens, est choisi. On peut interpréter ce changement de règle d'action comme l'identification par Mathieu d'un choix susceptible de détourner les élèves de la question mathématique à traiter. Julo (2002) qui analyse les effets de l'habillage d'un problème, montre qu'il ne constitue pas que de simples « traits de surface », mais qu'il peut jouer un rôle important dans la représentation des problèmes, aussi bien comme frein que comme adjuvant. La connaissance de référence exprimée par Mathieu, « c'était un peu débile », semble reconnaitre cet habillage comme un frein, cependant elle relève davantage d'une opinion, d'un constat. Elle est partagée avec Mathilde qui précise, contrairement à Mathieu, en quoi l'habillage choisi est un frein à la dévolution du problème :

> « Il y avait un problème de sens, à vouloir trop coller au concret, on en perdait le sens, l'application concrète de cette formule ne sert à rien » (Mathilde, entretien 2013, 8).

Ce SP qui présente un changement de règle d'action étayé par un jugement de valeur est émergent.

En 2014, un contexte interne aux mathématiques est adopté sans être à nouveau questionné.

7.4.2. Dimension critique « Analyser le savoir de référence »

Le corpus réuni autour du repère intitulé « Les objectifs pédagogiques » en 2013 et « Cibler un thème, une connaissance » en 2014 permet de repérer des SP qui guident des analyses du savoir de référence, le savoir de référence de la situation des carrés bordés étant la production d'une expression littérale. Ces repères correspondent à une dimension critique du travail de préparation que nous intitulons « Analyser le savoir de référence ». Nous distinguons un SP qui contribue à une analyse curriculaire du savoir de référence (§ 7.4.1.1) et deux SP qui contribuent à son analyse épistémologique (§ 7.4.1.2).

7.4.2.1. SP « Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence »

- ***Description du SP « Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence » (Table 3)***

Les repères indiqués dans la MRD en 2013 (« Les objectifs pédagogiques », le sous-repère « Le programme ») et en 2014 (« Cibler un thème une connaissance »), ainsi que les règles d'action mobilisées, permettent d'inférer le but de ce SP. Il s'agit de repérer l'adéquation entre les objectifs d'apprentissage dans le texte du programme et le savoir en jeu dans le problème choisi.

En 2013, contrairement aux pratiques plus routinières (IN), la préparation se déroule sur un temps long (5 semaines). Sachant que les programmes sont dans le bulletin officiel (CR), les règles d'action

qui en découlent sont les suivantes : situer le calcul littéral dans les textes du programme du niveau 5e et dans celui du collège (RA1) ; repérer les connaissances et capacités liées au calcul littéral pour le niveau 5e (RA2).

En 2014, étant donné que Mathieu n'a que des classes de 6e (IN), sachant que le calcul littéral et la production d'expression littérale ne sont pas au programme de cette classe (CR1), mais qu'en 6e les élèves doivent faire des problèmes ouverts (CR2) et des problèmes qui conduisent à des généralisations (CR3), il utilise la situation des carrés bordés comme occasion pour engager les élèves dans un problème de recherche (RA).

Corpus	**Eléments du SP**
2013 • Repère indiqué dans la MRD : « Les objectifs pédagogiques - Le programme » • *Le programme de mathématiques du collège est indiqué comme ressource mère.* **2014** • Repère indiqué dans la MRD : « Cibler un thème, une connaissance »	**BU**

2013

• dans le travail qu'on conduit tout au long de l'année (où) on prend pas le temps de s'arrêter suffisamment sur les activités qu'on propose.	**IN**
• *Le bulletin officiel est placé par Mathieu dans le dossier de sa MRD.* • *Les extraits de programme collés dans sa MRD sont issus du bulletin officiel.*	**CR**
• Dans le programme de cinquième, déposé aussi dans ma section (page 19 pour la classe de cinquième), le calcul littéral est une petite partie. C'est le tout début. (…). Le calcul littéral est un domaine des mathématiques très transversal au collège : il est repris chaque année avec des exigences en plus. Le début se déroule en cinquième *Mathieu copie et colle les extraits suivants du programme* **1.2. Expressions littérales** [Thèmes de convergence] | Utiliser une expression littérale. *Produire une expression littérale.* | De nombreux thèmes du programme, notamment dans le domaine grandeurs et mesures, conduisent à utiliser des expressions littérales (formules). **Connaissances** | **Capacités** | **Commentaires** ***2.4. Initiation à la notion d'équation*** | *- *Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques.* | Une attention particulière est apportée à l'introduction d'une lettre pour désigner un nombre inconnu dans des situations où le problème ne peut pas être facilement résolu par un raisonnement arithmétique. *Les programmes du collège prévoient une initiation progressive à la résolution d'équations, de manière à éviter la mise en œuvre d'algorithmes dépourvus de véritable sens.* **La classe de cinquième correspond à une étape importante avec le travail sur des égalités vues comme des assertions dont la vérité est à examiner.* La notion d'équation ne fait pas partie du socle commun.	**RA1** **RA2**

2014

• Comme la séance de l'année dernière s'adressait à des cinquièmes et que je n'ai que des sixièmes	IN
• Le calcul littéral n'est pas au programme de sixième • j'ai pas de vrai objectif de mon programme si ce n'est que c'est un problème ouvert • sur l'idée de généralisation, heu, il faut en faire des problèmes comme cela	CR 1 CR2 CR3
• je décide donc d'utiliser ce problème comme un "simple" problème de recherche	RA

Table 3 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence» en 2013 ($MRD_{étape}1$) et 2014 ($MRD_{étape3,}$)

- ***Analyse du SP « Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence »***

En 2013 et 2014, ce SP conduit à repérer les prérequis du programme liés au savoir de référence du problème. Il contribue ainsi à une analyse curriculaire du savoir de référence (expression littérale) et du domaine de connaissance (algèbre, calcul littéral) dans lequel le problème est posé et la conjecture sera formulée.

En 2013, les règles d'action du SP permettent de situer le calcul littéral dans l'ensemble du programme de collège (cohérence verticale) et dans celui du niveau 5e (cohérence horizontale). Elles permettent de repérer que la production d'une expression littérale, savoir de référence de la situation des carrés bordés, est une attente du programme de 5e, donc qu'il s'agit d'un nouveau savoir pour les élèves. L'indice du SP, le fait que Mathieu déclare ne jamais utiliser le programme et les documents d'accompagnement pour préparer ses cours dans le *questionnaire initial* proposé au début de la recherche (5.2.3.4) et le fait qu'il ne fasse pas référence au programme dans les descriptions des situations d'enseignement faites par instruction au sosie (§ 5.2.4.2), sont autant d'éléments indiquant que l'analyse de l'adéquation entre les programmes et les savoirs mobilisés repose sur de nouvelles règles d'action. Mathieu semble toutefois reconnaitre l'intérêt de cette approche curriculaire :

> « Du coup, je sais que je peux en faire un point de départ de mon chapitre sur le calcul littéral, je sais où je vais parce que j'ai rappelé le programme, etc., etc., (…) je peux aussi communiquer avec mes collègues qui les auront en 4e, etc., etc. leur dit ce que j'ai fait. » (Mathieu, entretien 2013, 8).

En 2014, les connaissances de référence du SP sur le programme de 6e sont issues de l'analyse des programmes guidée par le SP de l'année précédente. Elles permettent ainsi de repérer que le calcul littéral ne vise pas en 6e la production d'expression littérale, mais qu'il peut constituer un contexte pour résoudre un problème ouvert amenant les élèves à conjecturer ; ces connaissances de référence soutiennent donc une nouvelle règle d'action qui conduit à choisir de faire formuler des conjectures aux élèves dans le contexte d'un problème ouvert, dont le savoir de référence n'est pas un objectif du programme. Si cette nouvelle règle d'action du SP est liée au changement de contexte d'enseignement (niveau 6e au lieu de 5e), elle est soutenue par les connaissances sur les programmes acquises l'année précédente.

7.4.2.2. SP contribuant à une analyse épistémologique du savoir de référence

Nous distinguons deux SP qui contribuent à une analyse épistémologique du savoir de référence. Il s'agit du SP « Savoir choisir les objectifs d'apprentissage » en 2013 et du SP « Savoir choisir le savoir de référence qui est objet d'une problématisation » en 2014.

- ***Description du SP « Savoir choisir les objectifs d'apprentissage » (Table 4)***

En 2013, le but de ce SP est de cibler des objectifs d'apprentissage liés à la production d'une formule. La connaissance des difficultés des élèves à utiliser des lettres en algèbre (comprendre qu'une lettre peut remplacer n'importe quel nombre dans un calcul, qu'il est possible de calculer avec et qu'un résultat peut être exprimé avec une lettre), ainsi que la prévision des réactions des élèves lorsqu'ils doivent manipuler des lettres qui ont un statut de variable (IN), conduisent à cibler cette difficulté comme objectif d'apprentissage de la séance (RA).

Corpus	**Eléments du SP**
• Repère indiqué dans la MRD : Les objectifs pédagogiques – La séance • Description du repère dans la MRG : « Il faut les avoir bien ciblés (…) où se situe la séance dans les apprentissage »	**BU**
• si on est passé un peu vite, je m'attends à l'avoir monsieur on comprend rien avec vos lettres on peut pas prendre des nombres	**IN**
• Le calcul littéral pose souvent problème aux élèves. Ils sont toujours déstabilisés par cette idée (quand ils la comprennent) qu'une lettre remplace n'importe quel nombre, que je peux faire des calculs avec, sans connaître la valeur que j'attribue à la lettre et surtout qu'un résultat peut être exprimé avec une lettre	**CR**
• L'objectif de la séance est donc l'initiation au calcul littéral. Il s'agit de montrer aux élèves l'aspect pratique de l'utilisation de la lettre pour généraliser. L'idée de "quel que soit...". Dans une formule, la lettre remplace n'importe quel nombre.	**RA**

Table 4 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir choisir les objectifs d'apprentissage » (2013, $MRD_{étape1}$)

- ***Description du SP « Savoir choisir le savoir qui est objet de problématisation » (Table 5)***

En 2014, le but est de choisir la connaissance qui conduit à la formulation d'un problème et l'émission de conjectures, autrement dit de choisir le savoir de référence qui est objet de problématisation. La formulation en langage naturel, évoquée dans l'article IREM (IN), aide à repérer deux obstacles majeurs à l'enseignement de l'algèbre : l'usage de la lettre déjà identifié par Mathieu en 2013, mais également la production d'une formule (CR1). Par ailleurs, Mathieu sait que la lettre est un objectif mineur en classe de 6e (CR2). Le fait que tous les constituants de la ressource fille (saut 2 diapositives du diaporama) soit centrés sur la production d'une formule en langage naturel et que la formulation en langage mathématique ne soit qu'une tâche facultative nous permet d'inférer la règle d'action suivante : « délimiter la conjecture attendue à une formule en langage naturel ».

Corpus	**Eléments du SP**
• Repère indiqué dans la MRD : « Cibler un thème, une connaissance » • Description du repère dans la MRG : « Il s'agit d'identifier une connaissance qui conduise à la formulation d'un problème. Le problème choisi doit conduire à une démarche (…) qui permettent la proposition de (…) conjectures »	**Bu**
• dans le document que j'ai trouvé, j'ai trouvé cette expression formulation là, formulation en langage naturel et c'est vraiment le truc qui a fait tilt.	**IN**
• il y a 2 obstacles : il y a l'obstacle de la généralisation à n'importe quel carré, de n'importe quelle longueur de côté, ça c'est le premier obstacle et le deuxième obstacle c'est l'introduction de la lettre qui remplace un nombre. • Et ça (*l'introduction de la lettre qui remplace un nombre)* ils ont le temps, s'ils ne le font pas cette année, c'est pas grave, c'est tellement pas dans les objectifs du programme	**CR1** **CR2**
• *Ensemble des constituants de la ressource fille (§ 7.2.2*) • *Extrait de la fiche scénario de la ressource fille :*	**RA**

Phase 4 : en groupe (10' mais facultatif). Passage de la formulation à la formule. »	

Table 5: Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir choisir le savoir de référence qui est objet de problématisation» (2014 $MRD_{étape3}$)

- ***Analyse des SP contribuant à une analyse épistémologique du savoir de référence***

Ces SP qui visent à repérer en 2013 les objectifs d'apprentissage de la situation d'enseignement, et à délimiter en 2014 la problématisation attendue, s'appuient sur une analyse des obstacles épistémologiques liés au savoir de référence en jeu dans le problème de la ressource mère. Ils contribuent donc à une analyse épistémologique du savoir de référence. Cependant ces SP ne sont pas guidés par le même but : en 2013, l'identification des objectifs d'apprentissage semble correspondre à une forme de contrat correspondant à la préparation de toute séance d'enseignement alors qu'en 2014, il s'agit pour le professeur de repérer le savoir de référence en jeu dans l'élaboration d'une conjecture. On constate un un recentrage du but sur les spécificités d'un WP_{HC}

Cette évolution est en partie contextuelle puisque, en 2013, le savoir de référence est un objectif des programmes, alors qu'en 2014 il est un contexte pour faire conjecturer les élèves. Elle est encore favorisée par les nouvelles connaissances de référence de Mathieu. En effet, l'obstacle lié à la discontinuité entre la résolution d'un problème dans un cadre arithmétique et algébrique (§ 7.3.2), non identifié en 2013, l'est en 2014. Si Mathieu attribue cette connaissance de référence à l'article IREM, les interactions avec Fiana et Mathilde semblent également jouer un rôle. En effet, cette fiche dissocie la généralisation de l'utilisation de la lettre en algèbre lors de la production d'une formule mais ne les pointe pas comme obstacle à dépasser (§ 7.3.1). En revanche, Mathilde les pointe comme obstacle dans le commentaire suivant :

> « En fait les élèves ont des difficultés à aller où l'on veut car en réalité ce problème vise 2 connaissances : la généralisation d'une formule (2014 x 4 - 4) et le calcul littéral (N x 4 - 4)
> C'est donc un double obstacle pour eux. » (Mathilde, $MRD_{étape3}$, commentaire 1).

Or, comme l'exprime Mathilde dans son *Recueil des re-sources des MRG* (§ 5.3.1), l'identification des 2 connaissances en jeu dans la situation des carrés bordés et leur rôle possible d'obstacle ont été avancés par Fiana :

> « Au moment où j'anticipais les moyens que les élèves avaient de valider leurs hypothèses, j'ai remis en question la pertinence de mon problème car je ne voyais pas de moyens de le vérifier en expliquant grâce au dessin les opérations de la formule. Ça ne me plaisait pas que les élèves ne puissent pas le voir sur le dessin. En aval, en discutant avec Fiana je me suis rendue compte qu'il y avait 2 connaissances visées dans la séance et que c'est peut-être çà qui fait obstacle. » (Mathilde, Recueil des re-sources des MRG).

Cette nouvelle connaissance de référence semble donc le résultat des interactions de Mathieu avec ses ressources, mais également avec les membres du collectif, les interactions disciplinaires entre les

deux professeurs de mathématiques étant nourries par les interactions codisciplinaires entre Mathilde et Fiana.

7.4.3. **Dimension critique « Analyser les savoirs sur les données et les conditions »**

Le repère « Les prérequis » en 2013, et « Les connaissances » en 2014, correspondent à une dimension critique du travail de préparation que nous intitulons « Analyser les savoirs sur les données et conditions ». Le corpus réunit autour de ces repères permet d'inférer un seul SP qui se traduit par « Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer ».

- ***Description du SP « Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer » (Table 6)***

Le but de ce SP est d'identifier les connaissances qui sont en jeu dans l'activité proposée aux élèves.

En 2013, les règles d'action visent à identifier le vocabulaire nécessaire à la compréhension du problème (RA1), les attitudes en jeu dans l'activité (RA2) et les connaissances des élèves en lien avec le calcul littéral (RA3). Elles s'appuient sur les connaissances de référence suivante : le vocabulaire en jeu est carré, quadrillage, carreau, contour, côté (CR1), l'attitude en jeu est la prise d'initiative (CR2), le calcul littéral est une initiation donc les élèves n'ont pas besoin de prérequis (CR3).

En 2014, Mathieu pense que les élèves n'évoqueront pas le périmètre ou l'aire (IN) : son analyse des connaissances nécessaires pour conjecturer (RA) l'amène alors à considérer que peu de connaissances sont requises (CR).

Corpus	**Eléments du SP**
2013 • Repère : « Les prérequis » **2014** • Repère indiqué dans la MRD : « Les connaissances » • Repère décrit dans la MRG « Identifier les connaissances, savoir-faire, savoir être nécessaires pour faire l'activité » (…)	**BU**
2013	
Mathieu liste les connaissances suivantes dans sa MRD • Le vocabulaire : carré, quadrillage, carreau, contour, côté. • Ce qui est en jeu dans cette activité (…) c'est surtout la prise d'initiative • Cette activité ne fait pas appel aux connaissances des élèves sur le calcul littéral (puisqu'il s'agit d'une initiation), mais elle ne fait pas appel non plus aux quelques occasions que les élèves ont déjà eu de rencontrer des lettres dans les calculs (A = L × l).	**CR1 et RA1** **CR2 et RA2** **CR3 et RA3**
2014	
• Je ne pense pas que les élèves évoquent le périmètre ou l'aire	**IN**
• Peu de connaissances sont requises ici	**CR et RA**

Table 6 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer » (2013 $MRD_{étape1}$; 2014 $MRD_{étape3}$)

- ***Analyse du SP « Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer»***

Ce SP guide une analyse des savoirs sur les données et sur les conditions, et sur l'attitude nécessaire pour s'engager dans les opérations de problématisation tout en les référant aux prérequis que les

élèves doivent posséder. Ce SP contribue donc à effectuer une analyse de l'accessibilité des opérations de problématisation. Toutefois, ces analyses restent partielles.

En 2013, si ce SP permet de repérer le vocabulaire en jeu dans la situation des carrés bordés, Mathieu ne semble pas percevoir l'importance de la maîtrise des concepts sous-jacents à ce vocabulaire pour identifier les données et les conditions du problème (§ 7.3.3). Il exprime :

> « Ce qui est en jeu dans cette activité, c'est la simple compréhension de mots simples » (Mathieu, $MRD_{étape1}$, repère « Les prérequis »).
>
> « Il n'y a pas beaucoup de pré-requis pour cette activité. (…). Quand arrive la question (*le problème*), je ne pense pas qu'il y ait beaucoup d'obstacles à sa bonne compréhension (peu de vocabulaire) » (Mathieu, $MRD_{étape1,}$ réponse au commentaire 1).

Lors de la mise en jeu dans la classe, Mathieu est confronté aux confusions des élèves entre les carreaux sur le contour d'un carré, le périmètre et l'aire. Ces confusions et leurs incidences sont pointées par Mathieu et les autres professeurs dans les grilles d'analyse rédigées après la séance :

> « j'ai eu tort de ne pas mettre en commun leurs impressions sur le problème sans question. Cela m'aurait permis de remettre en place le vocabulaire « aire » et « périmètre ». » (Grille d'analyse de Mathieu, 2013).
>
> « La non prise en compte des erreurs de vocabulaire. Il me paraît primordiale de corriger ces erreurs et ne pas laisser dans l'esprit des élèves des erreurs sous prétexte que ce n'est pas la compétence que l'on cherche à faire acquérir aux élèves. » (Grille d'analyse de Filomène, 2013).
>
> « Je ferai juste un bilan sur ce que les élèves ont compris de la première feuille pour écarter les pistes de périmètre et aire. » (Grille d'analyse de Mathilde, 2013).

En 2014, Mathieu semble ne pas reconnaître pour autant cette difficulté et semble préférer la contourner :

> « Je vais tout faire pour l'éviter (*l'évocation aire, périmètre par les élèves*), notamment en leur présentant cette activité comme une activité complètement décontextualisée, un défi, un problème pour chercher, comme dans le rallye mathématiques » (Mathieu, $MRD_{étape3}$, repère « Les connaissances »).

Concernant les connaissances nécessaires pour identifier les conditions du problème et pour pouvoir conjecturer, en 2013 seule l'attitude des élèves est soulignée ; Mathieu n'identifie aucune connaissance sur le thème choisi comme nécessaire :

> « Cette activité ne fait pas appel aux connaissances des élèves sur le calcul littéral » (Mathieu, $MRD_{étape1}$, repère « Les prérequis »).

En fin de préparation, Mathieu a de nouveaux acquis relatifs aux obstacles liés à l'algèbre et aux connaissances nécessaires pour construire le problème et pour élaborer des conjectures argumentées. Ce SP, qui a partiellement guidé l'analyse des savoirs sur les données et les conditions en 2013 et 2014, pourrait devenir plus efficient ultérieurement, d'une part en disposant de nouvelles

connaissances de référence pour guider cette analyse, d'autre part en mobilisant la règle d'action qui consiste à lire des références didactiques sur le sujet.

7.4.4. Dimension critique « Construire un scénario »

Le corpus, réuni autour du repère « Le scénario », permet d'inférer trois SP en 2013 et cinq en 2014. Tous contribuent à la construction d'un scénario dont la finalité est plus ou moins explicitement en lien avec le fait de permettre aux élèves de conjecturer. Ce repère correspond donc à d'une dimension critique de la préparation que nous intitulons « Construire un scénario ». Le SP « savoir choisir une organisation pédagogique» guide l'organisation pédagogique de la situation d'enseignement préparée (§ 7.4.4.1), les autres SP guident la rédaction des tâches et le choix des ressources pour aider les élèves à positionner un problème (§ 7.4.4.2), et à conjecturer (§ 7.4.4.3).

7.4.4.1. SP « savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer»

- ***Description du SP « « savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer » (Table 7)***

Ce SP a pour but la construction d'un scénario qui soutienne la motivation des élèves ; les deux principales règles d'action consistent à organiser le temps de travail des élèves en alternant des phases de travail de groupe avec d'autres modalités de regroupement des élèves (RA1 2013 et 2014) et à prévoir la durée de ces temps de travail (RA2, 2013 et 2014). Les indices et les connaissances de référence évoluent cependant entre les deux années.

En 2013, les discussions relatives au scénario au sein du collectif (IN1), les expériences vécues en formation GFEN (IN2) et l'observation de la situation préparée par Fiana (IN3) sont des indices qui orientent ce SP. Les connaissances de référence sont relatives au scénario et au travail en groupe :

- un scénario est une sorte de mise en scène, il correspond à des étapes dans l'activité des élèves avec un fil conducteur entre les étapes (CR1) ;
- l'activité conduite l'année dernière ne présentait pas de scénario (CR2) ;
- l'organisation de l'enseignement influence les apprentissages (CR3) ;
- le travail de groupe n'est pas une pratique répandue chez les professeurs de mathématiques (CR4) ;
- il est bruyant (CR5) ;
- il doit être réfléchi, déterminé par un objectif sous peine de ne rien apporter (CR6).

En 2014, la disposition de la classe (des tables disposées en îlots) (IN1) et les capacités des élèves à travailler en groupe (CR) renforcent Mathieu dans l'idée de prévoir des temps de travail de groupe (RA1). Par ailleurs, il mobilise deux nouvelles règles d'action : il organise le travail de groupe en répartissant le rôle des élèves dans ce travail de groupe (RA3), il produit un diaporama pour soutenir le déroulé du scénario dans la classe (RA4).

Corpus	Eléments du SP
2013 • Repère « Le scénario » • construire un scénario autour (*de la ressource mère 2013*) un peu plus intéressant, un peu plus motivant pour les élèves **2014** • Repère « Le scénario » : Construire une situation motivante (enrobage, mise en scène).	**BU**

2013

• du coup les modifications elles sont liées à quelque chose que j'ai beaucoup apprécié dans toutes les discussions qu'on a eu, c'est le scénario, l'idée du scénario, • alors ça fait écho aussi aux formations GFEN qu'on a eu. • j'ai trouvé cela dans la séance de Fiana	**IN1** **IN2** **IN3**
• *(un scénario)* c'est une sorte de mise en scène (…) il y a un moment où il y a un échange, on fait des choses (…) c'est des étapes dans l'activité, mais voilà, il y a un fil conducteur, il y a un lien. • *A propos de l'activité mise en œuvre les années précédentes* : il n'y a pas vraiment de scénario. • (*à propos d'un scénario*) je pense, j'espère que les élèves apprennent de par le contenu et par la forme • Le travail de groupe est une pratique inégalement répartie chez les profs de maths (contrairement, je pense, aux SVT et SPC). • *(à propos du travail de groupe)* les échanges, le seuil de tolérance au niveau du bruit • On met pas des élèves en groupe juste pour dire de les mettre en groupe.	**CR1** **CR2** **CR3** **CR4** **CR5** **CR6**
• proposer, dans un premier temps, un problème sans question, puis, après un travail d'abord individuel puis en groupe sur ce problème sans question, une question qui oblige les élèves à reprendre leur premier travail. ($MRD_{étape1}$) • Une question pour 4. 30mn avec l'affiche, Retour sur les affiches : 10 mn ou séance suivante ($MRD_{étape2}$)	**RA**1 **RA2**

2014

• Là on est constamment disposé en groupe • (*la fiche de Clermont*) c'est vraiment ça, ça m'a aidé à visualiser les temps, les phases. • je trouve ce truc de l'IREM de Clermont, et je dis : oui, la trame c'est ça.	**IN1**
• Pour le travail de groupe, les 5e de l'année dernière ils étaient pénibles (…) *cette année* il y a une vraie pratique du travail de groupe.	**CR**
• *Les étapes du scénario sont présentées dans la $MRD_{étape3}$* Etape 1 : en groupe de 4 (15') Etape 2 : collectif (10') Etape 3 : en groupe de 4 • *Fiche scénario du professeur* Phase 1 : 1ère étape : Individuelle (5') 2ème étape : Individuelle puis groupe (5' + 10') Phase 2 : en groupe (20') Phase 3 : collectif (10') Phase 4 : en groupe (10' mais facultatif) • J'ai décidé de faire l'activité en Power Point (…) c'est la première fois que j'utilise le vidéoprojecteur de cette façon pour donner le déroulé du cours. • *Les commentaires des diapositives précisent la durée et les modalités de regroupement des différentes phases* • Je compte le faire en demandant à chaque groupe de briefer un de leur camarade pour raconter ce que le groupe a compris. Je ferai parler les 4 "rapporteurs".	**RA1** **RA2** **RA3** **RA4**

Table 7 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer » (2013 $MRD_{étape1}$; 2014 $MRD_{étape3}$)

- ***Analyse du SP « « savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer »***

Pour Mathieu un scénario joue sur l'organisation pédagogique, il articule des phases de travail avec des modalités de regroupement différentes :

> « c'est des étapes dans l'activité, mais voilà, il y a un fil conducteur, il y a un lien » (Mathieu, entretien 2013, 17).
>
> « ce que j'appelle le scénario c'est le découpage, c'est partager les temps individuels et les temps collectifs » (Mathieu, entretien 2014, 18).

La fonction principale que Mathieu semble attribuer à un scénario est la motivation qu'il peut exercer sur les élèves sans pointer clairement les liens entre cette motivation et son rôle dans l'élaboration de conjecture.

En 2013, ce qui semble le plus nouveau pour Mathieu dans un scénario, c'est l'organisation du travail de groupe. Les connaissances de référence relatives au travail de groupe ne sont pas encore stabilisées. Cependant, si Mathieu ne semble pas distinguer clairement l'intérêt de faire travailler les élèves en groupe, il entrevoit des effets positifs qu'il a envie de mieux comprendre :

> « c'est plus une pratique que je n'avais pas et que j'avais un peu de mal à mettre en œuvre, (…) et puis pas absolument persuadé que ça apporte, et puis quand même, je me suis rendu compte que, heu, le travail de groupe, quand il est réfléchi (…) on met pas des élèves en groupe juste pour dire de les mettre en groupe, et c'est peut être ça que j'avais pas intégré et c'est peut être vers ça que je vais évoluer aussi. » (Mathieu, entretien 2013, 45).

En 2014, le maintien de l'organisation de la salle de Mathieu en Îlots tout au long de l'année, le travail de groupe observé dans la deuxième situation d'enseignement qu'il a préparée dans le cadre de la réalisation et ce qu'il exprime montrent que la règle d'action qui consiste à faire travailler les élèves en groupe se stabilise en 2014 :

> « Vu la disposition, je peux d'un claquement de doigt me dire d'abord ça c'est, j'avais pas prévu mais c'est intéressant qu'ils le fassent en groupe, et ben, allez maintenant vous êtes en groupe, alors que la disposition classique ne le permet pas. » (Mathieu, entretien 2014, 12).

Le collectif, puis l'article IREM sélectionné jouent sur la mobilisation de ce SP et sur son évolution. En 2013, comme le mettent en évidence les indices 1 et 3, les interactions au sein du collectif (focus group et observation de Fiana) contribuent à la construction des connaissances de référence, à la mobilisation des règles d'action qui guident la construction d'un scénario et à l'usage d'un diaporama pour soutenir la conduite du scénario dans la classe. L'analyse des bénéfices retirés par Mathieu de sa participation au collectif le confirme (§ 6.1.3.2). L'influence du collectif sur la construction d'un scénario semble cependant avoir été préparée par la formation GFEN que Mathieu a suivi l'année précédente :

> « On a vécu des activités où il y a des temps individuels, des temps collectifs, des temps en groupe, au GFEN, il y a des temps où il faut se lever, où il faut faire ça, on a pas forcément à

> l'avance, puisqu'on n'est pas au courant du scénario, on sait pas trop pourquoi on fait ça mais on se laisse guider et il y en a une, la formatrice, qui connait bien le scénario » (Mathieu, entretien 2013, 15).

Dans un deuxième temps, l'article IREM soutient Mathieu dans le repérage des phases importantes du scénario :

> « en fait les 4 phases, c'est vraiment ça, ça m'a aidé à visualiser les temps, les phases. (Mathieu, entretien 2014, 14).

Cependant, bien que l'article décrive pour chacune des phases les tâches et les ressources des élèves, Mathieu ne perçoit pas cet article comme proposant un scénario directement utilisable :

> « Alors, la formulation des questions, comme c'est une analyse de séance, il y a pas la vraie formulation des questions, il y a pas le vrai matériel » (Mathieu, entretien 2014, 10).

Les SP suivants (§ 7.4.4.3 et § 7.4.4.3) guident la construction des différentes phases du scénario

7.4.4.2. SP contribuant au positionnement du problème

Le SP « Savoir amener les élèves à percevoir un problème », qui est complété en 2014 par le SP « Savoir amener tous élèves à percevoir un problème », contribue au positionnement d'un problème par les élèves.

- ***Description du SP « Savoir amener les élèves à percevoir un problème » (Table 8)***

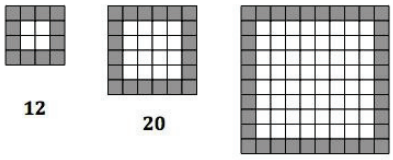
Le but de ce SP est de permettre aux élèves de percevoir et de questionner la relation entre le nombre de carreaux sur le côté du carré et le nombre de carreaux sur le contour.

En 2013, pensant jouer sur la curiosité des élèves avec un « problème sans question » (IN1), la règle d'action est de proposer un tel problème, c'est-à-dire un ensemble de données et de conditions sans énoncé (RA). Le « problème sans question » vient de Mathilde (IN2), et d'une formation GFEN suivie par Mathilde et Mathieu (IN3). Mathieu n'a cependant pas de connaissance de référence sur ce type de problème (CR).

En 2014, ce SP évolue au cours de la préparation. Dans une première étape, le « problème sans question » étant une situation qui plait à Mathieu (IN1) et qu'il souhaite approfondir (IN2), il décide de la conserver (RA1). Il sollicite l'avis du collectif pour déterminer la forme à lui donner (RA2). Dans une seconde étape, le focus group ayant mis en relation la conjecture et l'idée de généralisation (IN3), Mathieu choisit de travailler sur plusieurs carrés particuliers (RA3) et focalise l'attention des élèves sur le dénombrement du nombre de carreaux sur le contour (RA4). La tâche proposée aux élèves ne correspond alors plus à un « problème sans question » (CR).

Corpus	Eléments du SP
2013 : • Repère « Le scénario » : Il s'agit de favoriser l'entrée dans le problème • Je veux juste qu'ils mettent en cohérence le nombre et le dessin, **2014** • faire émerger une problématique liée à la dépendance entre le nombre de carreaux sur le côté du carré et le nombre de carreaux gris	**BU**

2013

• Nous pensons jouer sur la curiosité avec le problème sans question. • L'idée du problème sans question vient plus de Mathilde. • C'est une idée qui vient aussi de nos stages GFEN	**IN1** **IN2** **IN3**
• c'est la première fois que je le teste, j'ai jamais donné de problème sans question.	**CR**
• proposer, dans un premier temps, un problème sans question. Le problème sans question :  **12** **20** **36**	**RA**

2014 – Etape 1

• comme point de départ ça me plaisait bien • c'est un truc que j'ai tellement envie d'approfondir	**IN1** **IN2**
MRD étape3 : • Je souhaite conserver l'idée du problème sans question. • J'ai envisagé de donner 3 carrés "consécutifs" (*les figures de carrés sont présentées*). Mais j'ai peur d'induire une méthode pour la suite. Sinon, je reprends le même document que l'année dernière(*les figures de carrés sont présentées*). Je peux encore leur proposer de retrouver 1 ou 2 nombres (*correspondant au nombre de carreaux sur le contour).* Qu'en pensez-vous ?	**RA1** **RA2**

2014 – Etape 2

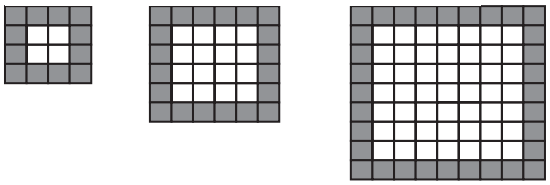
• Dans l'idée de la discussion qu'on a eue à la réunion on disait qu'il y a conjecture souvent quand il y a généralisation.	**IN3**
• c'est quand même plus un problème sans question, non c'est plus un problème sans question	**CR**
• on étudie 3 cas particuliers avant de commencer • *Fiche d'activité des élèves + diapositive 2* **Recherche du nombre de carreaux grisés** 	**RA3** **RA4**

Table 8 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir amener les élèves à positionner un problème» (2013, MRD étape1 et MRD étape2 ; 2014 MRD étape3)

- ***Description du SP « Savoir amener tous les élèves à percevoir un problème » (Table 9)***

Le but de ce SP est de s'assurer que tous les élèves identifient les données du problème (carreaux sur le contour et sur le côté, la variable). Le regret de ne pas avoir prévu de temps collectif pour aider les élèves à repérer les données du problème l'année précédente, (IN), conduit à prévoir un temps collectif de mise en commun après la phase de recherche (RA1) et de pointer pour tous à l'aide d'une diapositive les données du problème (RA2).

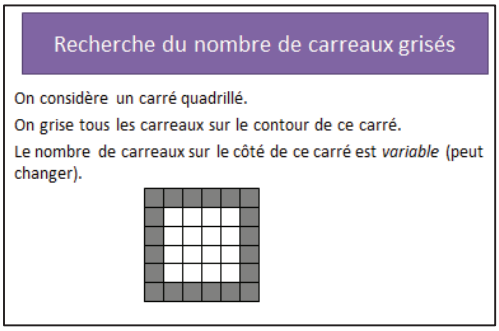
Corpus	**Eléments du SP**
• *Commentaire de la diapositive :* S'assurer que tout le monde parle de la même chose • pour qu'on en discute tous ensemble	**BU**
• Par rapport à l'année dernière, l'enseignement principal, c'est que je n'avais pas fait de réelle mise en commun sur cette étape. • Et puis je me suis remémoré comment ça c'était passé en 5e, ce qui m'avait pas plus, notamment après le problème sans question (…) le vrai temps de mise en commun où on se met d'accord sur ce qu'on travaille	**IN**
• *MRD$_{étape3}$:* Etape 2 : collectif (*le temps collectif*) j'en fais même une diapo. *Diapositive 3*  *Commentaire de la diapositive :* Réponses. Aujourd'hui on s'occupe des carreaux sur le contour d'un carré.	**RA1** **RA2**

Table 9 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir amener tous les élèves à percevoir un problème » (2014, MRD$_{étape3}$)

- ***Analyse des SP guidant le positionnement du problème***

Ces SP qui guident le positionnement du problème orientent la signification et la manifestation du WP$_{HC}$ de Mathieu. En effet, ils participent à analyser :

- la résistance du problème et à déterminer sa complétude,
- l'accessibilité des opérations de problématisation pour les élèves et à produire des inducteurs.

Toutefois, il existe des évolutions des savoirs-processus qui entrainent des variations dans la signification et la manifestation du travail de préparation de Mathieu.

En 2013, le SP qui guide cette phase de la préparation est fortement influencé par le collectif. Il est initialement orienté par Mathilde, puis déstabilisé par les autres professeurs. La règle d'action, qui consiste à partir d'un problème très incomplet (le « problème sans question »), attribue aux élèves une forte responsabilité pour positionner un problème. Il implique de différencier les carreaux sur le

côté, sur le contour, à l'intérieur, de s'approprier le vocabulaire, de repérer des relations entre les figures et les nombres, de questionner ces relations. Les caractéristiques des figures choisies (plusieurs carrés pouvant induire l'idée de généralisation, des carrés dont les carreaux sur le contour peuvent être dénombrés) constituent des inducteurs pour positionner un problème. Mathilde qui oriente le choix du « problème sans question » (§ 7.1.2.1), semble percevoir son intérêt :

> « On espère que ce document sans mot permette aux élèves de se focaliser sur les nombres donnés et qu'ils les mettent en lien avec le dessin, constatent qu'ils correspondent aux nombres de carreaux gris du contour. Après, ils pourront peut-être s'interroger sur le fait qu'il y ait 3 carrés de taille de plus en plus grande et faire le lien avec les nombres qui augmentent. » (Mathilde, $MRD_{étape1}$, commentaire 2).

Ces potentialités du « problème sans question » ne sont jamais exprimées par Mathieu qui met davantage en avant sa dimension motivationnelle : « Nous pensons jouer sur la curiosité avec le problème sans question » (IN1). En revanche, au fil de la préparation il ressent le choix du « problème sans question » en décalage avec cette prévision :

> « La première étape du travail, ben le problème sans question, ben à mon avis ça va être compliqué pour eux » (Mathieu, entretien 2013, 29).

Ce ressenti est entretenu par Filomène et Billy qui questionnent le « problème sans question » :

> « J'ai du mal à imaginer ce qu'un élève va penser de ces trois carrés. Vous vous attendez à quelles réactions de leur part ? Et surtout à quel type de questionnement ? (…) Comment allez-vous annoncer la question ensuite ? Si les élèves ont trouvé d'autres questionnements que celui attendu qu'allez-vous faire ? » (Filomène, $MRD_{étape1}$, commentaire 1).

> « Je ne comprends pas ce choix de ne pas faire émerger de problème au départ de l'activité. Au cours de nos réunions, nous étions plutôt d'accord pour souligner son importance dans l'établissement d'une démarche scientifique. » (Billy, $MRD_{étape1}$, commentaire 5).

Les réactions du collectif se conjuguent au manque de connaissance de référence de Mathieu, pouvant justifier la règle d'action qui consiste à partir d'un « problème sans question » :

> « Il y a eu des doutes sur le problème sans question et là moi je pars à l'aventure, j'ai du mal à imaginer ce qu'un élève peut faire de ces 3 carrés. » (Mathieu, entretien 2013, 35).

En 2014, le SP guide la façon d'aider les élèves à positionner le problème. En ajoutant le titre « Recherche du nombre de carreaux grisés », il complète le problème en guidant le chemin pour identifier la donnée « nombre de carreaux sur le contour ». Ce guidage est suffisamment faible pour être interprété comme un inducteur pouvant aider l'identification de cette donnée. Par ailleurs, les 3 figures de carrés constituent un inducteur permettant de questionner une suite qui pourrait expliquer le passage d'un carré à l'autre. Cependant, pour soulever le questionnement attendu par le professeur (relation entre le nombre de carreaux sur le côté et le contour), les élèves ont besoin au

préalable d'identifier la donnée « carreaux sur le côté » et de la situer comme variable. Mathieu n'oriente pas l'identification de cette donnée, puisqu'il supprime de la fiche d'activité, produite en 2013, l'association entre la figure d'un carré et le nombre de carreaux sur le côté. Il préfère compléter le problème, après une phase de recherche, en apportant cette donnée aux élèves (diapositive 3, Table 9).

Le moteur des évolutions de ce SP est essentiellement le manque d'appropriation du « problème sans question » par les élèves en 2013 et le collectif.

Le dernier focus group influence la règle d'action qui consiste à donner aux élèves plusieurs figures de carrés. En effet, en 2013 Mathieu ne semble pas bien savoir pourquoi il propose 3 carrés :

> « Il me semble que nous avons rapidement décidé d'en donner 3 (*carrés)*, sans trop y réfléchir. Une des raisons implicite voire inconsciente, c'est peut-être à cause du problème sans question : pas de question, d'accord, mais alors on leur donne plus d'exemples !!! » (Mathieu, entretien 2013, 23).

En 2014, ces 3 carrés ont pour objectif d'inciter les élèves à se questionner sur une généralisation car suite aux échanges du dernier focus group Mathieu associe la conjecture à une généralisation :

> « Dans l'idée de la discussion qu'on a eue à la réunion on disait qu'il y a conjecture souvent quand il y a généralisation. » (Indice du SP « Savoir amener les élèves à percevoir un problème », Table 8).

La mise en jeu dans la classe en 2013 conjuguée aux interactions avec le collectif soutient la mobilisation du SP « Savoir aider tous les élèves à percevoir un problème ». Ce SP guide l'organisation d'un temps collectif de mutualisation et de bilan pour donner à tous les moyens de positionner le problème. En effet, Mathieu, mais également Fiana, Filomène et Mathilde pointent le manque d'un temps collectif pour aider les élèves à identifier les données du problème :

> « j'ai eu tort de ne pas mettre en commun leurs impressions sur le problème sans question. Cela m'aurait permis de remettre en place le vocabulaire « aire » et « périmètre ». (Mathieu, grille d'analyse concepteur 2013).

> « Je ferai juste un bilan sur ce que les élèves ont compris de la première feuille pour écarter les pistes de périmètre et aire. » (Mathilde, grille d'analyse observateur 2013).

> « La non prise en compte des erreurs de vocabulaire. Il me paraît primordiale de corriger ces erreurs et ne pas laisser dans l'esprit des élèves des erreurs sous prétexte que ce n'est pas la compétence que l'on cherche à faire acquérir aux élèves. », « Il faut donner plus d'importance à la première partie du travail avec les trois carrées. Peut-être les faire commenter et voir ce que les élèves en ont retenu » (Filomène, grille d'analyse observateur 2013).

> « L'activité a été bien pensée sur l'individu ou le petit groupe, il manque une réflexion en préparation sur la présence de temps de classe pendant lesquels des éléments sont précisés, recadrés pour tout le monde. » (Fiana, grille d'analyse observateur 2013).

La réception de cette situation par les élèves en 2013 semble déterminante dans les évolutions des SP. L'article IREM propose ce temps collectif, mais Mathieu a décidé de l'organiser avant de trouver cette ressource puisqu'il est présent dans la $MRD_{étape3}$ qui marque le premier temps de la préparation en 2014. Par ailleurs, le fait de compléter le « problème sans question » en demandant la recherche du nombre de carreaux sur le contour ne semble pas lié aux apports du collectif. En effet, Mathilde déconseille à Mathieu de compléter le problème, mais celui-ci ne prend pas en compte sa remarque :

> « trop guidé, tu induis déjà la procédure qui consiste à compter. » (Mathilde, $MRD_{étape3}$, commentaire 6).

7.4.4.3. SP contribuant à amener les élèves à conjecturer

En 2013, la phase de la préparation, qui détermine les tâches et les ressources des élèves pour les amener à conjecturer, est guidée successivement par deux SP : le SP « Savoir amener les élèves à conjecturer » puis le SP « Savoir mettre les élèves en situation de recherche ». En 2014, cette phase de la préparation est guidée par quatre SP complémentaires : « Savoir ajuster la résistance du problème », « Savoir amener les élèves à dégager une méthode pour un cas particulier », « Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée », « Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée ».

- ***Description des SP contribuant à amener les élèves à conjecturer » en 2013***

- SP « Savoir amener les élèves à conjecturer » (Table 10)

Au cours de la production de la $MRD_{étape1}$, le SP qui guide la préparation peut être décrit de la façon suivante : étant donné que le contexte est celui d'une initiation au calcul littéral (IN), le but est d'amener les élèves à avoir des idées pour passer du nombre de carreaux sur le contour d'un carré particulier au nombre de carreaux sur le côté[57] ; les règles d'action consistent à demander aux élèves la recherche d'une « stratégie » (RA1) et de proposer des données qui empêchent une recherche de solution par dénombrement (un carré de 356 carreaux sur le contour, une figure qui rend impossible de dénombrer les carreaux sur le côté), (RA2).

Corpus	**Eléments du SP**
• nous (…) attendons (…) juste des idées sur le procédé qui permet de passer du nombre de carreaux sur le côté au nombre de carreaux sur le contour	**BU**
• Comme c'est bien dans le contexte de l'initiation au calcul littéral	**IN**
• *La consigne rédigée :* Il y a 356 carreaux gris sur le contour de ce carré, indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré.	**RA1** **RA2**

Table 10 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir amener les élèves à conjecturer » (2013, $MRD_{étape1}$)

[57] Mathieu exprime l'inverse : « procédé qui permet de passer du nombre de carreaux sur le côté au nombre de carreaux sur le contour », or tout concorde pour penser qu'il s'agit d'un lapsus.

- « Savoir mettre les élèves en situation de recherche » (Table 11)

Au cours de la production de la $MRD_{étape2}$, c'est un nouvel SP qui guide cette phase de la préparation. Sachant que le mot « stratégie » ne fait pas partie du vocabulaire qu'il utilise avec les élèves (CR1) et que les problèmes posés en classe visent habituellement la recherche d'un résultat (CR2), voyant la séance arriver (IN1), Mathieu s'interroge sur la possibilité pour les élèves de trouver une stratégie (IN2). Son but est alors de s'assurer que les élèves puissent s'engager dans une phase de recherche. Considérant que la recherche d'une stratégie est trop difficile pour les élèves (CR3) et que leur demander un calcul doit faciliter leur mise au travail (CR4), ses règles d'action sont les suivantes : fermer le problème en guidant la problématisation (RA1), débuter par le calcul du nombre de carreaux sur le côté d'un carré particulier (RA2), demander une méthode qui doit pouvoir être testée sur d'autres carrés (RA3).

Corpus	**Eléments du SP**
• L'idée principale de la modification du texte est que d'abord, les élèves ont quelque chose à chercher : "combien…?"	**BU**
• la séance approchait • on s'est dit mais mince, mais comment ils vont se mettre au travail ? (…) Quand je lis « Indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré », qu'est-ce qu'on cherche d'après cette phrase ? (…) j'ai essayé de me mettre à la place d'un élève et je me suis dit : alors, qu'est-ce que je fais ? Qu'est-ce que je cherche ? • Et là, ils seront au travail, ils savent ce qu'ils cherchent (…)	**IN1** **IN2** **IN3**
• Une stratégie, je suis pas sûr que, c'est pas un mot que j'ai déjà utilisé avec les élèves (…) Une stratégie, mince, j'ai pas une question mathématique au sens habituelle du terme (…). • D'habitude quand j'ai un problème, je cherche un résultat, là c'est quoi mon résultat, c'est une stratégie. • (*demander une stratégie*) j'ai trouvé difficile (…). Je suis pas sûr qu'ils comprennent ce qu'on cherche • *(En demandant aux élèves de faire un calcul plutôt que de rechercher une stratégie),* la mise au travail me paraît plus facilitée	**CR1** **CR2** **CR3** **CR4**
• On a fermé un tout petit peu le problème • Le texte (de la consigne rédigée dans la 1ère étape) sera remplacé par : - Il y a 356 carreaux sur le contour de ce carré. Combien y-a-t-il de carreaux sur le côté de ce carré ? - Après l'avoir vérifiée sur les premiers dessins, explicite la méthode utilisée sur l'affiche.	**RA1** **RA2** **RA3**

Table 11 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir mettre les élèves en situation de recherche » (2013, $MRD_{étape\ 2}$)

- ***Description des SP contribuant à amener les élèves à conjecturer » en 2014***

- SP « Savoir ajuster la résistance du problème » (Table 12)

En 2013, dans la ressource mère de Mathieu, la variable du problème est « le nombre de carreaux sur le côté ». Mathieu et Mathilde la modifient en choisissant « le nombre de carreaux sur le contour », mais nous n'avons recueilli aucun élément permettant d'identifier le SP qui guide cette action.

En 2014, la variable choisie l'année précédente étant le nombre de carreaux sur le contour (CR1) et, les élèves ayant eu du mal à généraliser (IN), pour que ces derniers puissent conjecturer (BU), Mathieu choisit comme variable le nombre de carreaux sur le côté (RA). Cette règle d'action est étayée par deux connaissances de référence : la variable « nombre de carreaux sur le contour » ajoute une difficulté aux élèves (CR2) ; on apprend une formule sous une forme donnée (CR3).

Corpus	**Eléments du SP**
• dans l'idée de généraliser	**BU**
• je pense que c'est aussi à cause de ça que les élèves de l'année dernière en 5e ont eu du mal	**IN**
• l'année dernière on donnait le contour et il fallait trouver le nombre de carreaux sur le côté • ça met une difficulté de plus dans l'établissement de la conjecture • on connait la formule du périmètre, du cercle, mais on connait pas de formule, enfin on repart de celle-là mais on n'apprend pas par cœur Diamètre = périmètre divisé par Pi, c'est absurde	**CR1** **CR2** **CR3**
• *Tâche des élèves (MRD)* Combien de carreaux gris y a-t-il sur un carré de côté 2014 carreaux ? Et pour un nombre de carreaux quelconque sur le côté du carré ?	**RA**

Table 12 : Extrait de corpus permettant d'identifier le SP « Savoir ajuster la résistance du problème » (2014, MRD$_{étape\ 3}$)

- SP « Savoir amener les élèves à dégager une méthode pour un cas particulier » (Table 13)

Le but est d'amener les élèves à dégager une méthode de calcul pour un carré particulier. Si cette tâche est proposée à partir d'un carré permettant de dénombrer le nombre de carreaux sur le contour, on ne peut pas connaître la nature de leur raisonnement (dénombrement ou un calcul) (IN). Sachant qu'un dénombrement n'est pas possible visuellement sur un carré dont on ne peut pas tracer une représentation (CR), Mathieu choisit un carré qu'il est difficile de dessiner (37 carreaux sur le côté), (RA1). Pour atteindre son but, il prévoit une phase collective de validation de la méthode pour le carré choisi (RA2) et produit une diapositive de la figure de ce carré pour soutenir cette phase (RA3).

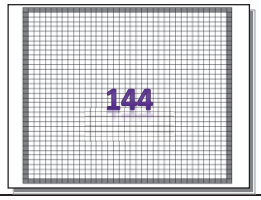
Corpus	**Eléments du SP**
• Je veux qu'ils aient une méthode et qu'ils arrivent à l'exprimer à partir du carré	**BU**
• sur le carré de 9 de côté (…) ils peuvent tellement trop compter que c'est difficile de savoir s'ils trouvent avec une méthode.	**IN**
• Pourquoi 37, parce qu'on peut pas le dessiner	**CR**
• *Fiche scénario, phase 1 :* - détermine le nombre de carreaux grisés avec un carré de 37 carreaux de côté (individuel) - Validation collective + diapo avec le dessin • le 144 on le valide à la fin de la phase 1 • *Diapositive 5* 	**RA1** **RA2** **RA3**

Table 13 : Extraits de corpus permettant de décrire le sous-SP « Savoir amener les élèves à dégager une méthode pour un cas particulier » (2014, MRD$_{étape\ 3}$)

- SP « Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée » (Table 14)

Ayant lu l'article IREM (IN), Mathieu sait qu'une formule peut être exprimée en langage naturel (CR). Il a alors pour but d'amener les élèves à produire, en langage naturel, une méthode de calcul qui puisse être utilisée pour n'importe quel carré. Il rédige une tâche donnant deux contraintes aux élèves : produire une méthode de calcul pour n'importe quel carré, qui soit exprimée à l'aide de phrases (RA1), il prévoit une phase de validation collective s'appuyant sur une mutualisation à l'aide d'une diapositive (RA2).

Corpus	**Eléments du SP**
• Il faut (...) traduire cette méthode avec des phrases pour n'importe quel carré	**BU**
• (*Chercheur : En quoi elle t'a éclairé cette fiche ?)* C'est ce que je te disais tout à l'heure, c'est la formulation en langage naturel	**IN1**
• *La formulation en langage naturel* : elle est dans l'idée de dire ben je prends mon côté, je le multiplie par 2 puis ensuite je reprends mon côté j'enlève 2 et je multiplie ça par 2 et ensuite j'ajoute tout.(…) c'est ça que j'appelle la formulation en langage naturelle (2, 4)	**CR**
• *Fiche scénario du professeur* « Décrire la méthode » = formulation en langage naturel • *Tâche rédigée sur la diapositive 6* Vous venez d'utiliser une méthode pour calculer le nombre de carreaux hachurés quand le côté du carré en compte 37. Maintenant vous allez décrire cette méthode en une ou plusieurs phrases, pour qu'elle permette de calculer le nombre de carreaux hachurés pour n'importe que carré construit sur le même modèle.	**RA1**
• *Fiche scénario du professeur* Débat collectif sur la validité des formulations (plusieurs formulations) • *Commentaire de la diapositive 7 (diapositive vierge)* Noter ce que disent les élèves.	**RA2**

Table 14 : Extraits de corpus permettant de décrire le sous-SP « Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée » (2014, MRD$_{\text{étape 3}}$)

- SP « Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée » (Table 15)

L'étape suivante est l'initiation au calcul littéral (IN). Le but est d'amener les élèves à traduire en langage mathématique la méthode exprimée à l'aide de phrase. Sachant qu'il leur manque des règles d'écriture en langage mathématique (CR), Mathieu donne aux élèves les principales règles de calcul nécessaires (RA).

Corpus	Eléments du SP
• ce que vous avez écrit vous allez essayer de le traduire en une opération *Fiche scénario* Phase 4 : Passage de la formulation à la formule • *Diapositive 8* On cherche maintenant à écrire un calcul du nombre de carreaux grisés qui serait vrai pour tous les carrés	**BU**
• après c'est le petit apprentissage en mathématiques	**IN**
• sachant qu'il leur manque beaucoup de chose parce qu'ils leur manque les parenthèses de priorité de calcul	**CR**
• Diapositive 9 Recherche du nombre de carreaux grisés Quand les mathématiciens sont confrontés à ce type de problèmes, ils donnent un nom au nombre de carreaux sur le côté du carré; ils l'appellent par exemple **n** (n désigne un nombre). Et ils écrivent leur procédé de calculs en n'utilisant que la lettre n, des symboles (+, -, x, ⍰), des parenthèses et des nombres. • *Diapositive 11* Traduisez votre méthode en un calcul respectant les règles d'écritures qui sont celles des mathématiciens, sans utiliser de mots	**RA**

Table 15 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée » (2014, MRD$_{étape\ 3}$)

- ***Analyse des évolutions des SP contribuant à amener les élèves à conjecturer***

Il existe, entre 2013 et 2014, des évolutions des SP qui ont pour visée d'amener les élèves à conjecturer. Ces évolutions ont des influences sur la valeur épistémologique du problème et de ses solutions et sur les inducteurs apportés, elles portent donc sur la signification et la manifestation du travail de préparation.

En 2013, les SP révèlent les difficultés de Mathieu à positionner le problème et à définir ainsi la valeur épistémologique de ses conjectures. Son objectif semble être de proposer un problème algébrique conduisant à formaliser une méthode pour calculer le nombre de carreaux sur le contour de n'importe quel carré, mais cet objectif n'est pas en accord avec ce qui est demandé habituellement aux élèves. Les problèmes qui manipulent des nombres sont habituellement des problèmes arithmétiques qui impliquent un calcul sur des cas particuliers. Ceci explique que dans la deuxième étape, Mathieu utilise une formulation conforme à un problème arithmétique : « Il y a 356

carreaux sur le contour de ce carré. Combien y-a-t-il de carreaux sur le côté de ce carré ? ». Si cette formulation peut orienter vers la recherche d'une méthode, et donc constituer un inducteur, la règle d'action consistant à fermer le problème semble principalement motivé par le souhait de ne pas rompre le contrat didactique et de s'assurer ainsi de la mise en activité des élèves même s'ils n'en saisissent pas la finalité :

> « Combien y a-t-il de carreaux sur le côté de ce carré ? Et là, ils seront au travail, ils savent ce qu'ils cherchent (…) je suis pas sûre qu'ils comprennent (…) que moi ce qui m'intéresse c'est la méthode, mais au moins ils auront quelque chose à chercher et ils vont chercher le nombre de carreaux sur le côté du carré. » (Mathieu, entretien 2013, 31).

Or au cours du même entretien Mathieu revient sur la règle d'action qui consiste à demander un calcul aux élèves. Cette réflexion est induite par un commentaire de Fiana qui suggère de formuler le problème à partir d'un « comment » pour engager les élèves dans la recherche d'une méthode et de supprimer le passage par la recherche d'un résultat :

> « Je trouve que votre modification casse cette dynamique car on revient à la bonne vielle question habituelle du prof de maths," faire trouver un chiffre aux élèves", certes pour les élèves c'est plus facile car c'est l'habitude ! J'enlèverai la question "Combien ...." (…), je garderai seulement "Il y a 356 carreaux sur le contour de ce carré. Comment peut-on faire pour connaître le nombre de carreaux sur un côté du carré ? (…). Pourquoi n'avez-vous pas proposé "Faites une proposition de méthode qui permet de trouver le nombre de carreaux sur le côté".» (Fiana, MRDétape2, commentaire 1).

Elle justifie sa proposition en indiquant que cela permettrait de redonner une valeur épistémologique à la conjecture :

> « Je trouve cela important car on fait ainsi sentir aux élèves que ce n'est pas une réponse juste ou fausse comme à un contrôle qu'on attend mais quelque chose qui peut être critiquée, analysée. » (Fiana, MRDétape2, commentaire 1).

Ce commentaire conduit Mathieu à reprendre en considération le positionnement du problème initial dans un cadre algébrique :

> « Fiana elle propose comment ? Comment on peut calculer ? Et puis dans cette formulation de la question il y a aussi ce qu'on cherche, et j'ai plus besoin d'écrire la question « combien y a-t-il de carreaux sur le côté de ce carré ? » la formulation de la question comment, je pourrai me reposer dessus en disant aux élèves : « il ne suffit pas de me donner le nombre de carrés, c'est comment vous l'avez trouvé qui m'intéresse » (Mathieu, entretien 2013, 53).

Au cours de l'observation de classe, nous notons que cette formulation est adoptée par Mathieu, bien qu'il remette aux élèves la fiche préparée (Encadré 16), il donne à l'oral la consigne suivante :

> « Décrivez une méthode pour trouver le nombre de carreaux sur le côté d'un carré ».

En 2013, que ce soit au cours de la production de ses ressources, de l'entretien ou de la conduite de classe, Mathieu modifie ses choix. Ceci met en évidence que les SP qui amènent les élèves à

conjecturer ne sont pas stabilisés. Il semble que ses connaissances de référence soient insuffisantes pour aider les élèves à positionner le problème, le construire et conjecturer. En effet, les seules que nous ayons repérées sont celles relatives au contrat didactique de la classe.

En 2014, les SP guident de façon complémentaire un WP_{HC} qui permet aux élèves de construire un problème algébrique en passant par un problème arithmétique, conformément à l'instanciation de la situation des carrés bordés décrite par Combier et al. (1996). Ces SP, qui d'une part sont étayés par des indices et des connaissances de référence, et d'autre part ne présentent pas d'incohérence entre leurs éléments constitutifs, semblent beaucoup plus robustes que ceux de l'année précédente. Nous présentons leurs principales évolutions en soulignant les effets de la mise en jeu dans la classe l'année précédente, du collectif et de l'article IREM.

Le SP « Savoir ajuster la résistance du problème » conduit à choisir pour variable « le nombre de carreaux sur le côté » à la place du « nombre de carreaux sur le contour ». Il diminue ainsi la résistance du problème en facilitant l'identification des conditions reliant le nombre de carreaux sur le côté au nombre de carré sur le contour. Le changement de variable est donc un inducteur pour conjecturer. Mathilde et l'article IREM ne sont d'aucune influence sur ce SP, puisque Mathilde conserve la même variable qu'en 2013 et puisque ce SP est mobilisé avant que Mathieu ne trouve l'article IREM (il y a un écart de 3 semaines entre la tâche rédigée (RA) et la lecture de l'article). Mathieu exprime d'ailleurs à ce propos :

> « Avant de découvrir le document de l'IREM, j'étais sûre que je voulais travailler dans ce sens-là, j'étais sûr que je voulais changer ça par rapport à l'année dernière » (Mathieu, entretien 2014, 28).

Ce SP est orienté par les difficultés éprouvées par les élèves l'année précédente, c'est-à-dire par une analyse de la manifestation et non par une analyse épistémologique de la résistance du problème. Ainsi si Mathieu sait reconnait que la variable « nombre de carreaux sur le contour » est plus difficile pour les élèves que la variable « nombre de carré sur le côté », il la justifie par le contrat didactique de la classe qui propose les formules sous une certaine forme : « on n'apprend pas par cœur Diamètre = périmètre divisé par Pi, c'est absurde » (Mathieu, entretien 2014, 28), mais ne l'explicite pas à partir des conditions et des conjectures en jeu selon le choix de la variable.

Les trois autres SP présentent une complémentarité pour amener les élèves à conjecturer. Ils diminuent la résistance du problème en guidant le chemin pour aller du problème perçu aux conjectures argumentées. Les élèves sont amenés à conjecturer en trois étapes. Si ce choix a pour effet d'affaiblir la valeur épistémologique du problème, il peut en contrepartie augmenter la manifestation du WP_{HC} en prenant en compte les obstacles et les difficultés des élèves. Ces SP laissent à la charge des élèves l'identification des données et conditions du problème en orientant la production de différents inducteurs.

En premier lieu, il s'agit d'un inducteur pour identifier les conditions reliant le nombre de carreaux sur le côté au nombre de carré sur le contour et pour conjecturer. C'est d'une part le calcul sur un carré particulier, qui en 2014 devient pour Mathieu un moyen pour aider les élèves à trouver une méthode et non plus un moyen pour les mettre en activité, c'est d'autre part la formulation en langage naturel qui permet de dissocier la recherche d'une méthode de sa formalisation mathématique.

En second lieu, il s'agit d'un inducteur pouvant soutenir l'examen des conjectures et la recherche d'arguments. Cet inducteur est un temps collectif sur la validité des formulations pour mettre en évidence des discordes et le besoin d'argumenter. Si en 2013 Mathieu envisage une mise en commun des conjectures des élèves à partir d'affiches, il semble entrevoir moins clairement l'intérêt de cette phase collective pour débattre et argumenter les conjectures. A notre question « Vous avez réfléchi avec Mathilde sur ce que vous allez faire des propositions des élèves », celui-ci répond :

> « heu… pas vraiment. Certainement les afficher au tableau et puis les commenter, mais…au niveau du minutage on n'est pas super sûr, donc heu… s'il reste du temps, on les affiche, heu… en tout cas, on en aura une trace et elles seront affichées peut être pas lors de cette séance, mais lors de la séance d'après, et puis après… Moi ce qui m'intéresse c'est qu'il y a plusieurs méthodes qui peuvent conduire au bon résultat. Et après c'est la traduction de vous avez voulu généraliser quelque chose, comment on pourrait l'écrire ? Et j'espère que des élèves auront écrit dans leur méthode, sur leur affiche, des phrases du type le nombre de carreaux sur le contour divisé par 4 et moi la suite c'est plutôt d'écrire une phrase, utiliser une lettre. » (Mathieu, entretien 2013, 55).

En 2014, les similarités entre les tâches et ressources proposées aux élèves et l'instanciation de la situation des carrés bordés présentée dans l'article IREM sont manifestes. De plus Mathieu exprime avoir rédigé son scénario et produit ses ressources après avoir lu cet article. Cependant la consultation de la situation exposée dans l'article ne suffit pas obligatoirement à orienter les savoirs-processus. En effet, en 2013 par exemple, bien que la ressource mère de Mathieu (§ 7.2.1.1) et la ressource téléchargée sur le site Casemath (Encadré 13) articulent une problématisation dans un cadre arithmétique et algébrique, elles ne permettent pas à Mathieu d'identifier l'intérêt de cette articulation. Il semble que ses savoirs-processus bénéficient des analyses didactiques proposées par l'article. Certaines nouvelles connaissances de référence semblent directement issues de cette ressource :

> « sachant qu'il leur manque beaucoup de chose parce qu'ils leur manque les parenthèses de priorité de calcul » (Mathieu, entretien 2014, 16).

> « il faut attendre que les élèves aient pratiqué l'écriture en ligne de calculs numériques, aient étudié le parenthésage et les priorités opératoires. » (Lé Quang & Noirfalise, 2008, p. 3).

Cependant, il semble que les bénéfices retirés de la lecture de l'article sont en bonne partie préparés par les interactions avec le collectif et les élèves. Nous avions mis en évidence au § 7.4.2.2 les rôles de Mathilde et Fiana dans l'identification des obstacles liés à la production de formules. De même, le commentaire de Mathilde sur la délimitation des objectifs et l'analyse de Mathieu sur la mise en jeu dans la classe jouent probablement un rôle sur ces bénéfices :

> « J'avais bien pensé que les élèves passeraient par la division par 4, mais je n'avais pas prévu qu'aucun d'entre eux ne s'en défasse. » (Mathieu, grille d'analyse concepteur 2013).
>
> « Maintenant, je crois que l'on ne peut pas leur demander d'arriver à une formule du type : N x 4 - 4, que c'est trop d'objectifs à la fois. Le but visé s'arrêterait à : le nombre de carreaux sur le côté x 4 - 4, mais sur la forme ne pas en attendre trop. » (Mathilde, MRDétape3, commentaire 9).

7.4.5. Dimension critique « Soutenir la manifestation »

Le repère « Les aides » en 2013, et celui dénommé « Anticiper les conjectures pour pouvoir proposer des aides » dans la $MRD_{étape3}$ et « Les aides » au cours de l'entretien en 2014, correspondent à une dimension critique de la préparation que nous intitulons « Soutenir la manifestation ». Le corpus réuni autour de ces repères permet d'inférer deux SP, le SP « Savoir éviter une déstabilisation des élèves » en 2013 et « Savoir produire des inducteurs pouvant aider les élèves à conjecturer » en 2014.

- ***Description du SP « Savoir éviter une déstabilisation des élèves » (2013, Table 16)***

Le corpus permettant de décrire ce SP est issu du repère « Les aides », mais également du repère « Le scénario » lorsque Mathieu fait explicitement référence aux aides qu'il met en place pour soutenir l'activité des élèves.

Un problème sans question risquant de déstabiliser les élèves (IN1), le but de ce SP est d'éviter leur déstabilisation et de les aider à se mettre au travail (BU). Les règles d'action et la prise d'indice évoluent entre les deux étapes de la préparation.

Au cours de la production de la $MRD_{étape1}$, Mathieu prévoit qu'il n'y a pas grand-chose à dire, mais qu'il s'agit plus d'une posture à avoir (IN2). Il se fixe de remotiver les élèves (RA1) et d'improviser ce qui leur sera dit (RA2).

Au cours de la production de la $MRD_{étape2}$, il souligne l'importance des attitudes du professeur (encouragements, questions individualisées) en référence aux pratiques de Fiana (IN3), à celles mises en œuvre dans son enseignement en maternelle (IN4) et aux stages GFEN (IN5). Il s'appuie sur de nouvelles connaissances de référence :

- improviser son attitude ou ce qui sera dit aux élèves ne suffit pas (CR1), si on écrit ce qui pourra être dit ou les attitudes à avoir, cela permet d'avoir plus de possibles pour aider les élèves en classe (CR2),
- une aide peut être aussi apportée sous forme matérielle (CR3),
- rester en retrait sans donner la réponse et laisser les élèves échanger entre eux c'est parfois un peu difficile, toujours très intéressant, un peu chronophage (CR4).

Ces indices et connaissances de référence conduisent à préciser les règles d'action de ce SP. Il s'agit d'anticiper les attitudes qui pourront encourager les élèves (RA3), leur laisser le temps d'exprimer leurs idées (RA4), leur donner les moyens de confronter celles-ci (RA5), et enfin anticiper et rédiger des questions pouvant relancer leur réflexion (RA6).

Corpus	**Eléments du SP**
2013 • pour qu'ils dépassent le stade de la déstabilisation	**BU**

2013 - Etape 1

• les élèves (…) risquent d'être déstabilisés devant un problème sans question. • A priori, je pense qu'il n'y a pas grand-chose à dire. Il s'agit plus d'une posture à avoir.	**IN1** **IN2**
• Il faudra d'abord remotiver les élèves • Sur ce que je dois dire, je pense improviser	**RA1** **RA2**

2013 - Etape 2

• l'aide ça va être plus des, c'est des choses que Fiana a faite, c'est des encouragements, des choses plus individualisées, des, heu, soulever les questions. (…), là c'est plus des attitudes de prof. • C'est lié au stage GFEN, • c'est lié aussi au travail que je fais en maternelle	**IN3** **IN4** **IN5**
• j'ai découvert que des attitudes ou des phrases ça se, on pouvait l'improviser mais éventuellement ça ne suffisait pas • et que si on les couchait sur le papier ça pouvait donner la possibilité d'en avoir un peu plus • et puis une aide ça peut être aussi un papier qu'on distribue, c'est une aide faite en quelque chose. • *A propos de la RA1* (…) c'est parfois un peu difficile à tenir, mais c'est assez, c'est toujours intéressant (…) c'est un peu chronophage aussi	**CR1** **CR2** **CR3** **CR4**
• Je vais essayer d'encourager le plus possible • ne pas valider tout de suite, laisser les élèves exprimer leurs idées sans valider, sans invalider quand c'est faux • et faire en sorte qu'ils commentent entre eux. • Nous avons aussi listé des phrases pouvant inciter les élèves à se mettre au travail *Questions rédigées :* 5 minutes seul "Prenez deux minutes pour y penser" "Alors?" "Vous en êtes où?" "Qu'en pensez-vous?" "Qu'est-ce que ça raconte?" 5 minutes à deux "Echangez avec votre voisin" "Vous êtes d'accord?" "Vous avez compris la même chose?"	**RA3** **RA4** **RA5** **RA6**

Table 16 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir éviter une déstabilisation des élèves » (2013, $MRD_{étape1}$, $MRD_{étape2}$)

- ***Description du SP « Savoir produire des inducteurs pouvant aider les élèves à conjecturer » (2014, Table 17)***

Le but de ce SP est inféré à partir des différents repères mobilisés par Mathieu : celui qu'il exprime dans sa MRD, ceux qu'il décrit dans sa MRG et celui auquel il se réfère au cours de l'entretien. Il s'agit de prévoir les aides qui pourront aider les élèves à conjecturer.

Au cours d'une première étape, pensant que les élèves proposeront une conjecture non valide (une multiplication par 4), (IN1), il prévoit de les inciter à tester leur conjecture sur des carrés particuliers (RA1). Espérant, mais n'étant pas certain qu'ils exprimeront leur conjecture en langage mathématique (IN2), il prévoit de les mettre en situation de la proposer sans utiliser des mots (présenter sa solution à un élève chinois), (RA2).

Au cours d'une deuxième étape, le fait qu'il ait été souligné au cours du focus group que peu d'aides avaient été proposées jusque-là (IN3), et sachant qu'il est important de préparer les aides matérielles pour qu'elles soient disponibles en cas de besoin (CR1), Mathieu produit et sélectionne des ressources ayant pour visée d'aider les élèves de façon individuelle ou collective (RA3). Sachant qu'une suite de carré peut montrer une progression par 4 (CR2), il prépare une ressource montrant la suite de 3 carrés de 12, 16 et 20 carreaux sur le côté (RA4). Il sélectionne une animation GIF permettant de mettre en évidence que les carreaux situés aux coins appartiennent à deux côtés et ne doivent donc pas être dénombrés deux fois (RA5).

Corpus	**Eléments du SP**
• Repère indiqué dans la MRD : « Anticiper les conjectures pour pouvoir proposer des aides » • Repères de la MRG : - « Anticiper les hypothèses ou les conjectures » : On souhaite que les élèves soient en mesure de formuler des hypothèses ou des conjectures - « Identifier les aides à apporter aux élèves »	**BU**

2014 - Etape 1

• Je pense (et j'espère?...) trouver des multiplications par 4. • J'espère que des élèves oseront exprimer leurs idées sous forme de calculs qui ressemblent à des formules.	**IN1** **IN2**
• J'inciterai alors les élèves à vérifier sur les 3 premiers exemples. • je cherche un prétexte du style : « vous devez expliquer votre résultat à un élève chinois en lui envoyant votre affiche »	**RA1** **RA2**

2014 - Etape 2

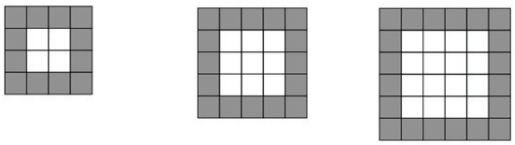
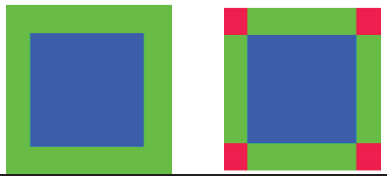
Corpus	Eléments du SP
• on a dit à la dernière réunion qu'on était toujours pauvre *(en aide)*	**IN3**
• C'est important d'avoir les aides matérielles à disposition et pouvoir être réactif en fonction des besoins • Mon aide c'est pour qu'ils voient 12, 16, 20, ha, tiens, il y a une progression par 4	**CR1** **CR2**
• une aide individuelle la suite induite, avec les carrés 12, 16, 20 • *Aide individuelle : figures de carrés possédant 12, 16 et 20 carreaux sur le contour*  • j'ai pour tout le monde l'animation des coins qui clignotent • *Aide collective : animation GIF faisant apparaître alternativement les coins rouges* 	**RA3** **RA4** **RA5**

Table 17 : Extraits de corpus permettant de décrire le SP « Savoir produire des inducteurs pour aider les élèves à conjecturer » (2014, MRD$_{étape3}$)

- ***Analyse des SP contribuant à soutenir la manifestation***

Ces SP soutiennent la manifestation du travail de préparation en guidant la production d'inducteurs, toutefois les inducteurs produits en 2013 et 2014 n'ont pas la même portée.

En 2013, les intérêts du « problème sans question » étant mal cernés par Mathieu, le but du SP « Savoir éviter une déstabilisation des élèves » guide une action d'ordre pédagogique : il s'agit de stimuler les élèves, les mettre en confiance pour qu'ils ne restent pas sans rien faire. On note une évolution dans les règles d'action susceptibles de rendre les aides plus efficaces. Au cours de la préparation, les aides passent ainsi d'attitudes à improviser dans la classe, à des attitudes à anticiper et à soutenir par des questions écrites qui constituent ainsi une mémoire matérielle. Ces règles d'action semblent soumises à diverses influences. Mathieu exprime l'influence des observations de Fiana et des collègues de maternelle, et du vécu en formation GFEN. Nous avons pu constater au cours des observations croisées que Fiana encourageait activement les élèves en les relançant par des questions, sans leur donner de réponse pour autant. Mathilde a pu également influencer Mathieu en proposant dans un commentaire des questions écrites pour stimuler la recherche des élèves :

> « En distribuant le doc, je dirai : "Prenez 2 minutes pour y penser seul, et ensuite vous aurez tout le temps de partager vos questions avec vos camarades."
>
> Puis, s'ils demandent : "mais qu'est-ce qu'on doit faire ?!"

> Des exemples de réponses : "Qu'en pensez-vous ?" ; "Qu'est-ce que çà raconte ?" ; "Imaginez". » (Mathilde, $MRD_{étape\ 1}$, commentaire 2).

La connaissance de référence qui soutient cette règle d'action apparait comme nouvelle en 2013 :

> « *j'ai découvert que* des attitudes ou des phrases ça se, on pouvait l'improviser mais éventuellement ça ne suffisait pas » (CR, SP « Savoir éviter une déstabilisation des élèves », 2013).

Elle semble se stabiliser et se préciser en 2014, en effet Mathieu énonce dans la dernière version de sa MRG :

> « Les interventions orales et attitudes du professeur sont fondamentales dans ce genre de séance. L'adaptation liée aux outils déjà préparés autour de la séance, à l'expérience et à l'anticipation peut permettre de cibler s'il faut individualiser ou pas. » (Mathieu, MRG_4)

En 2014, on constate un déplacement du but qui est recentré sur les spécificités d'un WP_{HC}. Le SP a pour but d'aider les élèves à conjecturer et mobilise pour cela des règles d'action qui conduisent à définir des tâche-élève et à sélectionner ou produire des ressources. Nous interprétons ces tâches et ces ressources comme des inducteurs susceptibles d'aider les élèves à conjecturer. La tâche qui consiste à tester la conjecture sur des carrés particuliers peut orienter la construction d'une argumentation à partir de contre-exemple ; celle qui consiste à expliquer son résultat à un chinois nécessite de s'exprimer sans mot et peut orienter vers une formulation de la conjecture en langage mathématique. L'animation mettant en évidence les carreaux situés dans les coins aide à identifier qu'un carreau ne peut être recompté plusieurs fois. Mathieu a recherché cette animation sur Internet à partir de mots clés issus de l'expression « situation des carrés bordés » qui a trouvé dans l'article IREM. La ressource correspondant à 3 figures de carré de 4, 5 et 6 carreaux de côté (suite) est une aide pour identifier, que quand on ajoute un carreau sur le côté, on ajoute 4 carreaux sur le contour. La production de ce denier inducteur a été suggérée par Mathilde qui commente les premières idées proposées par Mathieu au début de sa préparation :

> « trop guidé, tu induis déjà la procédure qui consiste à compter. Tu peux peut-être t'en garder un en aide à ceux qui galèrerait. » (Mathilde, $MRD_{étape\ 3}$, commentaire 6)

La mise en jeu de la situation en 2013 semble également avoir orienté la production de ces inducteurs puisque Mathieu exprime dans sa grille d'analyse de la séance :

> « J'aurais dû réfléchir à des éléments pour remettre les élèves sur la bonne piste. » (Mathieu, grille d'analyse concepteur 2013).

L'analyse des savoirs-processus qui guident le travail de préparation de Mathieu en 2013 et 2014 met en évidence des évolutions qui modifient le sens attribué au WP_{HC}. Ces évolutions sont marquées par de nouveaux buts ou sous-buts, par la consolidation ou l'apparition de connaissances de référence et par de nouveaux indices. Ces indices sont essentiellement induits par le collectif, la mise en jeu dans la classe et les ressources mères sélectionnées.

7.5. Evolutions du modèle opératif orientant le WP_{HC} de Mathieu

Nous analysons des évolutions du modèle opératif qui orientent le WP_{HC} de Mathieu en 2013 et 2014 en nous appuyant sur l'analyse des savoirs-processus effectuée dans le § 7.4 et sur les modalités d'analyse présentées les § 5.4.3. Cette analyse porte sur la *consolidation* du modèle opératif (§ 7.5.1), sur des évolutions de son *organisation* (§ 7.5.2) et du *sens* qu'il confère au WP_{HC} (§ 0). Nous analysons pour terminer des effets du collectif sur les évolutions repérées (§ 7.5.4).

7.5.1. Analyse de la consolidation du modèle opératif

En 2013, le modèle opératif possède 9 savoirs-processus dont 7 sont *émergents* (§ 5.4.2.2). Les SP émergents sont repérés en grisé dans le Tableau 63 avec leurs marqueurs d'émergence : deux présentent un caractère de nouveauté, deux sont non stabilisés et les trois autres présentent un caractère de nouveauté et sont incomplets ou non stabilisés. Ce modèle opératif qui oriente le travail de préparation de Mathieu en 2013 apparait donc comme nouveau et en cours de construction. Nous le mettons en relation avec à la participation de Mathieu au collectif. D'une part, jusque-là Mathieu n'avait jamais préparé une situation d'enseignement en se donnant pour objectif principal de faire conjecturer les élèves (§ 5.2.2.3), d'autre part les interactions qui ont eu lieu avec le collectif les trois premiers mois de la recherche orientent les savoirs-processus mobilisés (§ 7.4).

Les évolutions du modèle opératif entre 2013 et 2014 sont marquées par la *consolidation* (§ 5.4.2.2) de 4 savoirs-processus et par l'apparition de 7 nouveaux savoirs-processus. Ces évolutions sont repérées par des couleurs dans le Tableau 63 :

- en jaune, les savoirs processus consolidés ayant de nouvelles connaissances de référence qui étayent les règles d'action ou/et les indices ;
- en orange, les savoirs-processus consolidés qui ont de nouvelles règles d'action rendant le WP_{HC} plus efficace ;
- en bleu, les nouveaux savoirs-processus correspondant à des savoirs-processus mobilisés en 2013, dont le but a été réorienté pour mieux prendre en compte les caractéristiques d'un WP_{HC} ;
- en vert, les nouveaux savoirs-processus apparus en 2014.

Savoir-processus	Marqueurs d'émergence	Principales évolutions en 2014
Savoir éviter une déstabilisation des élèves § 7.4.5	Nouveauté : - Nouvelles CR et RA - Nouvel IN	Recentrage du BU sur le WP_{HC}, nouveau SP
Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence § 7.4.2.1	Nouveauté : - Nouvelles RA - Nouvel IN	Appui sur de nouvelles CR (construites en 2013) relatives aux programmes
Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème § 7.4.1.2	Non stabilisé : - Changement de RA au cours de l'action - CR = jugement de valeur Absence d'IN	Non mobilisé en 2014
Savoir amener les élèves à conjecturer (étape 1) *Versus* Savoir mettre les élèves en situation de recherche (étape 2) § 7.4.4.3	Non stabilisé : Incohérence BU, CR et RA	Apparition de 4 sous-buts à l'origine de 4 nouveaux SP : - Savoir ajuster la résistance du problème - Savoir amener les élèves à dégager une méthode sur un cas particulier - Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée - Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée
Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture § 7.4.1.1	Nouveauté et non stabilisé : - Nouveau BU - Nouvel IN - Incohérence entre CR, entre CR et RA	Nouvelles CR sur le statut des conjectures en cohérence avec le BU et RA
Savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer § 7.4.4.1	Nouveauté et non stabilisé : - Nouveau BU, CR non stabilisée - Nouvel IN	Nouvelles RA permettant de mieux prendre en charge le travail collectif des élèves
Savoir amener les élèves à percevoir un problème § 7.4.4.2	Nouveauté et incomplet : - Absence CR - Nouvelle RA - Nouvel IN	Changement de RA : production d'un inducteur d'ordre pédagogique (motivation) à un inducteur d'ordre didactique (centré sur les savoirs en jeu). Nouveau SP pour prendre en charge tous les élèves.
Savoir choisir les objectifs d'apprentissage § 7.4.2.2		Recentrage du BU sur le WP_{HC}, nouveau SP
Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer § 7.4.3		RAS

Tableau 63 : Evolutions des savoirs-processus du modèle opératif entre 2013 et 2014 (la légende des couleurs est précisée dans le texte ci-dessus)

7.5.2. Analyse des évolutions de l'organisation du modèle opératif

L'organisation (§ 5.4.3) des savoirs-processus au sein du modèle opératif est modifiée entre 2013 et 2014. Au cours des deux années, le modèle opératif oriente l'activité à partir des cinq mêmes dimensions critiques : choisir un problème, analyser le savoir de référence, analyser les savoirs sur les données et les conditions, construire un scénario, soutenir la manifestation. Toutefois, les savoirs-processus montrent de nouvelles *relations hiérarchiques* et de nouvelles *relations de congruence* (§ 5.4.3) au sein de chacune de ces dimensions critiques. Les niveaux 1 à 4 du Tableau 64 définissent la hiérarchie des buts qui orientent le travail de préparation de Mathieu en 2013 et 2014, le niveau 1

correspondant aux buts les plus généraux c'est à dire aux dimensions critiques de l'activité. Si le nombre de but de niveau 1 et 2 est inchangé entre 2013 et 2014, il augmente entre ces deux années pour les buts de niveaux 3 et 4 (3 buts de niveau 3 en 2013 contre 5 en 2014 et apparition d'un but de niveau 4 en 2014). Par ailleurs, le SP « Savoir amener les élèves à conjecturer » de 2013 est remplacé par 4 savoirs-processus qui se complètent pour atteindre le même but (§ 7.4.4.3).

<table>
<tr><th>Niveau 1</th><th colspan="2">Niveau 2</th><th colspan="2">Niveau 3</th><th>Niveau 4</th></tr>
<tr><td>Choisir un problème</td><td colspan="2">Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture</td><td colspan="2">Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Analyser le savoir de référence</td><td colspan="2">Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir choisir les objectifs d'apprentissage</td><td>Savoir choisir le savoir qui est objet de problématisation</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>Analyser les savoirs sur les données et les conditions</td><td colspan="2">Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">Construire un scénario</td><td colspan="2" rowspan="5">Savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer</td><td colspan="2">Savoir amener les élèves à percevoir un problème</td><td>Savoir amener tous les élèves à percevoir un problème</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Savoir amener les élèves à conjecturer (étape 1)
versus
Savoir mettre les élèves en situation de recherche (étape 2)</td><td>Savoir ajuster la résistance du problème</td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à dégager une méthode pour un cas particulier</td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée</td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée</td><td></td></tr>
<tr><td>Soutenir la manifestation</td><td>Savoir éviter une déstabilisation des élèves</td><td>Savoir produire les inducteurs pouvant aider les élèves à conjecturer</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
</table>

Tableau 64 : Evolution de l'organisation des SP du modèle opératif de Mathieu entre 2013 (rouge) et 2014 (bleu), en noir les SP communs aux 2 années.

Entre 2013 et 2014, le modèle opératif de Mathieu se consolide et se réorganise. Les savoirs-processus sont plus nombreux pour un même but et moins émergents. Ces évolutions permettent des actions plus assurées et plus précises.

7.5.3. Analyse des évolutions du sens du WP_{HC}

Nous analysons les effets de la consolidation et de la réorganisation du modèle opératif de Mathieu sur les évolutions du sens de son WP_{HC}. Nous analysons successivement les évolutions de la référence (§ 7.5.3.1), de la signification (§ 7.5.3.2) et de ma manifestation du WPC (§ 7.5.3.3).

7.5.3.1. Evolutions de la référence du WP_{HC}

Les savoirs-processus qui guident les actions caractérisant la référence du WP_{HC} en 2013 et 2014 sont présentés dans le Tableau 65.

<table>
<tr><th>Niveau 1</th><th colspan="2">Niveau 2</th><th colspan="2">Niveau 3</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Analyser le savoir de référence</td><td colspan="2">Savoir analyser les prérequis des programmes liés au savoir de référence</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Savoir choisir les objectifs d’apprentissage</td><td>Savoir choisir le savoir qui est objet de problématisation</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">Construire un scénario</td><td colspan="2" rowspan="4">Savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer</td><td rowspan="3">Savoir amener les élèves à conjecturer (étape 1)
versus
Savoir mettre les élèves en situation de recherche (étape 2)</td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à dégager une méthode pour un cas particulier</td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée</td></tr>
<tr><td></td><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée</td></tr>
</table>

Tableau 65 : Savoirs-processus contribuant à caractériser la référence du WP_{HC} de Mathieu (rouge : 2013, bleu : 2014, noir 2013 et 2014

Le savoir de référence correspond à *la production d’une formule ou expression littérale.* Les savoirs-processus de Mathieu guident une analyse curriculaire et épistémologique de ce savoir de référence qui évolue entre les deux années. En 2013 et 2014, l’analyse curriculaire permet de repérer les attentes et les prérequis du programme relatif au calcul littéral. Mathieu identifie ainsi que les élèves ont peu d’appuis antérieurs, qu’il s’agit d’une initiation et ceci encore plus pour des 6e que es 5e. L’analyse réalisée en 2013 est soutenue en 2014 par les connaissances sur le programme construites en 2013. L’analyse relative aux obstacles épistémologiques se renforce entre les deux années. Les connaissances de référence sur la discontinuité de la lettre en algèbre est complétée en 2014 par une celle sur la discontinuité existant entre un problème arithmétique et algébrique. Cette nouvelle connaissance de référence conduit à délimiter le savoir de référence à l’expression d’une formule en langage naturel.

En 2013, Mathieu éprouve des difficultés à définir le cadre dans lequel le problème doit être résolu. Il tergiverse entre la production d’une formule – cadre algébrique- et le calcul d’un résultat - cadre arithmétique-. En 2014, les tâches visent sans ambigüité la production d’une formule, même si sa formalisation mathématique reste un objectif secondaire. Si certaines tâches sont posées dans un cadre arithmétique (calcul sur un carré particulier), ou peuvent s’effectuer dans un cadre

géométrique à partir des figures de carré, elles sont au service d'une problématisation dans un cadre algébrique. Ces évolutions se manifestent par des nouveaux buts qui adaptent les tâches des élèves à partir des obstacles épistémologiques identifiés.

7.5.3.2. Evolutions de la signification du WP_{HC}

Les savoirs-processus qui orientent l'attribution d'une signification au travail de préparation de Mathieu en 2013 et 2014 sont présentés dans le Tableau 66.

<table>
<tr><th>Niveau 1</th><th>Niveau 2</th><th colspan="2">Niveau 3</th></tr>
<tr><td>Choisir un problème</td><td>Savoir choisir un problème qui favorise l'émergence d'une conjecture</td><td colspan="2">Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Construire un scénario</td><td rowspan="5"></td><td colspan="2">Savoir amener les élèves à percevoir un problème</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Savoir amener les élèves à conjecturer (étape 1)
versus
Savoir mettre les élèves en situation de recherche (étape 2)</td><td>Savoir ajuster la résistance du problème</td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à dégager une méthode pour un cas particulier</td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée</td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée</td></tr>
</table>

Tableau 66 : Savoirs-processus contribuant à caractériser la signification du WP_{HC} de Mathieu (rouge : 2013, bleu : 2014, noir : 2013 et 2014)

Nous identifions quatre évolutions majeures entre 2013 et 2014 qui augmentent la signification du travail de préparation.

La première concerne le choix d'un problème algébrique pour faire conjecturer les élèves. Si dès la première année Mathieu identifie *la production d'une formule* comme un savoir permettant d'engager les élèves dans l'élaboration de conjectures, en 2013 il exprime des incertitudes et retient une définition contrainte de la conjecture. En 2014, ses connaissances sont moins incertaines, la conjecture n'est plus confinée au domaine géométrique et n'implique plus obligatoirement une formalisation mathématique. La seconde évolution a été évoquée dans la partie précédente sur les évolutions de la référence du WP_{HC}. En effet, les tergiversations sur le domaine mathématique dans lequel le problème doit être résolu impactent directement sa valeur épistémologique. La première année, lorsque Mathieu a tendance à rabattre le problème dans un cadre arithmétique, il a tendance à se détourner de l'élaboration d'une conjecture pour la recherche d'un résultat. La troisième évolution porte sur les enjeux du « problème sans question ». En 2013, en proposant un « problème sans question » Mathieu initie une situation qui laisse aux élèves la responsabilité de positionner et de construire un problème, possédant de ce fait une forte valeur épistémologique. Cependant, son absence de connaissances sur la portée et les conditions de mise en œuvre d'une telle situation ne lui permet pas de l'exploiter. En 2014, Mathieu complète sciemment le « problème sans question » et propose plusieurs tâches pour aider les élèves à positionner et construire le problème attendu.

Dans le contexte d'enseignement donné (une séance d'une durée de 55 mn, un moment d'initiation à l'algèbre, la présence d'élèves en difficulté,) il est effectivement peu envisageable de laisser aux élèves la responsabilité d'une problématisation complète et autonome, depuis la perception d'un problème jusqu'à la formulation de conjectures argumentées. Si ces choix affaiblissent la valeur épistémologique du problème cela permet de renforcer la manifestation du WP_{HC} sur les élèves. Pour finir, la quatrième évolution porte sur la mise en place d'un temps collectif pour permettre aux élèves d'argumenter leurs conjectures.

Au cours des deux années, il existe cependant peu d'évolution du modèle opératif pour orienter l'analyse de la résistance du problème : les conjectures possibles, les données et conditions nécessaires pour les identifier et les argumenter.

En 2013, il semble effectivement que Mathieu n'ait pas analysé la résistance du problème, car il exprime au cours du débriefing qui suit sa séance :

> « je vais vous expliquer là où moi j'aurai aimé qu'il y ait plusieurs hypothèses, c'est aussi ce qui m'a fait choisir ce problème-là, c'est que tu peux dire que le nombre de carreaux sur le contour, il est soit 4 fois une longueur de côté moins un, soit tu peux dire que c'est un côté, plus un côté, plus, attention pour pas compter les coins, ce côté moins 2 et ce côté moins 2, et c'est là qu'il y avait plein de, plein de… et moi après j'amène le calcul littéral et ça fait 4 (n-1). »

Mathieu convoque ici des procédures de résolution et une conjecture qui correspondent au problème posé dans sa ressource mère (recherche du nombre de carreaux sur le contour) et non celles répondant au problème choisi (recherche du nombre de carreaux sur le côté) qui conduit à la conjecture exprimée à partir de la formule N/4 + 1 ou de ses équivalents.

En 2014, Mathieu exprime lors de l'entretien pré-séance des connaissances sur les conjectures possibles et leurs conditions :

> « y a plein de façons de le voir, il y a n + (n-1) + (n-1) + (n-2), il y a n + n + (n-2) puis il reste n-2, il y a heu, n-1 fois 4, il y en a qui sont capables de le voir en 5e et 4e. Je pars du premier coin et je vais pas jusqu'au coin, je m'arrête juste avant parce que j'en ai besoin pour compter et puis après, il y en a qui passent par l'aire mais c'est beaucoup plus rare »

Aucun savoir-processus guidant cette analyse n'étant identifié, ces connaissances peuvent être issues des années précédentes ou/et de la lecture de l'article IREM.

7.5.3.3. *Evolutions de la manifestation du WP_{HC}*

Les savoirs-processus qui soutiennent la manifestation du travail de préparation de Mathieu en 2013 et 2014 sont présentés dans le Tableau 67

<table>
<tr><th>Niveau 1</th><th colspan="2">Niveau 2</th><th colspan="2">Niveau 3</th><th>Niveau 4</th></tr>
<tr><td>Choisir un problème</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">Savoir choisir un contexte qui aide la dévolution du problème</td><td></td></tr>
<tr><td>Analyser les savoirs sur les données et les conditions</td><td colspan="2">Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">Construire un scénario</td><td colspan="2" rowspan="5">Savoir choisir une organisation pédagogique qui aide à conjecturer</td><td colspan="2">Savoir amener les élèves à percevoir un problème</td><td>Savoir amener tous les élèves à percevoir un problème</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Savoir amener les élèves à conjecturer (étape 1)
versus
Savoir mettre les élèves en situation de recherche (étape 2)</td><td>Savoir ajuster la résistance du problème</td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à dégager une méthode pour un cas particulier</td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture non formalisée</td><td></td></tr>
<tr><td>Savoir amener les élèves à produire une conjecture formalisée</td><td></td></tr>
<tr><td>Soutenir la manifestation</td><td>Savoir éviter une déstabilisation des élèves</td><td>Savoir produire les inducteurs pouvant aider les élèves à conjecturer</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
</table>

Tableau 67 : Savoirs-processus contribuant à caractériser la manifestation du WP_{HC} de Mathieu (rouge : 2013, bleu : 2014, noir 2013 et 2014

L'analyse de de l'accessibilité des opérations de problématisation reste partielle durant les deux années. Le seul savoir-processus qui guide cette analyse est le SP « Savoir identifier les connaissances et attitudes nécessaires pour conjecturer ». Il ne permet pas par exemple d'identifier en 2013, et de prendre en charge en 2014, les confusions possibles entre les « carreaux sur le contour » et le « périmètre » qui sont pourtant des notions essentielles pour positionner le problème. Certaines prévisions de Mathieu sur l'accessibilité pour les élèves, du problème et de ses conjectures, constituent toutefois des indices qui orientent la production d'aides.

En 2013, les aides ont pour Mathieu la fonction principale de stimuler la motivation des élèves et de créer un climat de confiance, afin de d'engager les élèves et de les maintenir dans l'activité. Elles correspondent à une alternance des modalités de travail (temps individuel, collectif et en groupe), à l'habillage du problème, à l'attitude du professeur, aux questions qu'il peut poser pour les encourager. Il s'agit donc essentiellement d'aides de type pédagogique c'est-à-dire indépendantes

des savoirs en jeu. Si ces aides peuvent soutenir la dévolution du problème, elles orientent peu l'ensemble des opérations de problématisation. Certains savoirs-processus guident la production d'inducteurs de problématisation, mais Mathieu ne les identifie pas comme tels (ex : le problème sans question).

En 2014, les aides apportées aux élèves basculent d'un pôle pédagogique à un pôle didactique et épistémologique, c'est-à-dire qu'elles prennent en compte les caractéristiques des savoirs en jeu et qu'elles visent à soutenir des opérations de problématisation, sans dire aux élèves comment faire. Ces aides correspondent donc à des inducteurs. Si plusieurs inducteurs sont susceptibles de soutenir la problématisation dans le sens de la résolution, c'est-à-dire du problème aux conjectures, ceux qui soutiennent la problématisation dans le sens inverse, des conjectures vers les conditions et les données afin d'identifier des arguments en faveur de la conjecture émise, sont plus réduits. Les évolutions constatées entre 2013 et 2014 concernent également le support des inducteurs. Si en 2013 les aides concernent essentiellement des prévisions sur les attitudes du professeur, en 2014 elles possèdent un support matériel (fiche papier, animation, diaporama) qui implique une production ou une sélection durant le temps de la préparation, mais un recours plus aisé dans la conduite de classe.

Les évolutions du modèle opératif de Mathieu (consolidation, réorganisation) confèrent davantage de sens au WP_{HC} de Mathieu :

- sa référence s'appuie sur une analyse curriculaire et sur une analyse épistémologique plus approfondie la deuxième année. Ces analyses permettent de mieux délimiter le savoir de référence qui fait l'objet d'une problématisation.
- sa signification est mieux assumée car elle repose sur de nouvelles connaissances de référence sur les conjectures. Le problème posé conduit plus explicitement en 2014 à la recherche d'une formule, soit d'un énoncé général. Par ailleurs, entre 2013 et 2014 Mathieu prend davantage en compte la nécessité de donner aux élèves les moyens d'argumenter leur conjecture.
- la manifestation évolue même si l'analyse de l'accessibilité des opérations de problématisation reste incomplète. Les aides élaborées constituent des inducteurs susceptibles d'aider les élèves à élaborer des conjectures argumentées. Ces inducteurs évoluent d'un pôle pédagogique centré sur la motivation des élèves à un pôle didactique prenant en compte les caractéristiques des savoirs en jeu. Ils possèdent des supports matériels permettant de les mobiliser facilement, en fonction des besoins, dans la classe.

7.5.4. Analyse d'effets du collectif sur les évolutions du modèle opératif

Nous apprécions les effets du collectif en analysant ses effets sur les éléments constitutifs des savoirs- processus du modèle opératif qui sont impactés (§ 7.5.4.1) et sur le sens du WP_{HC} (§ 7.5.4.2).

7.5.4.1. Effets du collectif sur les éléments constitutifs des savoirs-processus

Nous avons analysé, sur quels éléments constitutifs des savoirs-processus du modèle opératif de Mathieu, portent les évolutions induites par le collectif. Nous avons dénombré les apports de chaque professeur et ceux des focus group. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau 68.

	But	Indice	Connaissance de référence	Règle d'action
Mathilde	0	0	1	4
Fiana	(1)	0	1	3
Filomène	0	1	0	0
Billy	0	1	0	0
Focus group	0	1	1	1

Tableau 68 : Nombre d'évolutions des éléments constitutifs des savoirs-processus induites par le collectif.

Cette analyse met en évidence des différences selon les éléments constitutifs considérés et selon les professeurs. Le collectif a peu d'effet sur les changements de but. Seul Fiana réoriente transitoirement un but de Mathieu au cours de la préparation. En revanche le collectif impacte 3 connaissances de référence, 8 règles d'action et 5 indices. Billy et Filomène sont les professeurs qui ont les plus faibles effets, chacun n'influence qu'un seul indice. Ceci peut être corrélé à leur faible participation au collectif, pour des raisons conjecturelles pour Filomène, et plus personnelles pour Billy (§ 6.1). Mathilde et Fiana contribuent chacune à la construction d'une connaissance de référence et à la mobilisation de 3 ou 4 règles d'action. Sachant qu'en 2013 Mathilde et Mathieu préparent ensemble la situation d'enseignement et que les 3 règles d'action impulsées par Mathilde sont mobilisées cette année-là, on peut considérer que ce sont les interactions de Fiana qui ont le plus d'effet sur la mobilisation de nouvelles règles d'action. Les temps de focus group orientent de leur côté 1 indice, 1 règle d'action et 1 connaissance de référence sans que l'on puisse différencier les différences de contribution de chaque professeur.

7.5.4.2. Effets du collectif sur le sens du WP_{HC}

Le modèle opératif oriente un WP_{HC} dont le sens se renforce au cours des deux années. Nous examinons dans ce paragraphe les effets des différents membres du collectif sur ce renforcement.

- ***Influence de Fiana sur la caractérisation de la référence du WP_{HC} de Mathieu***

Bien que la situation d'enseignement soit préparée avec Mathilde, en choisissant la ressource mère, c'est Mathieu qui détermine le domaine mathématique et le savoir de référence. Fiana intervient à deux reprises. En 2013, en pointant la différence entre un résultat et une conjecture, elle aide Mathieu à repositionner le problème dans un cadre algébrique (§ 7.4.4.3). En 2014, elle l'aide à distinguer les deux obstacles épistémologiques principaux à la production d'une formule : la discontinuité entre un problème arithmétique et algébrique, et la discontinuité de la lettre en algèbre. Si c'est Mathilde et Fiana qui, de façon conjuguée avec l'article IREM, contribuent à la construction de cette connaissance, Fiana en est la source (§ 7.4.4.2). En effet, dès 2013, Fiana semble entrevoir la distinction entre ces deux obstacles épistémologiques sans bien réussir à la formaliser :

> « les hypothèses sont plus sur la mise en équation d'un problème qui demande certes un calcul littéral (…) je ne sais pas si c'est réellement une initiation au calcul littéral ou une initiation à la mise en problème. Je fais une différence entre le calcul littéral et la mise en équation : je ne sais pas si cette différence est pertinente ?! » (Fiana, MRDétape1 de Mathieu, commentaire 3)

Elle différencie ainsi la mise en équation, c'est-à-dire la recherche de ce qu'elle nomme par ailleurs « une méthode », avec l'écriture algébrique de cette formule qu'elle semble dénommer « calcul littéral ». Elle parait construire la perception des deux obstacles, non pas en regard des connaissances mathématiques en jeu, mais en regard de ses représentations professionnelles sur les hypothèses. En effet, Fiana questionne au cours des focus group, dans ses MRG, dans ses commentaires à Mathieu, les liens entre hypothèse et concept, et la différence entre problème explicatif, recherche de stratégie et recherche de résultats. Cette réflexion épistémologique parait l'aider d'une part à identifier dans le problème de Mathieu deux connaissances pouvant chacune constituer un obstacle pour les élèves (la lettre en algèbre et la production d'une formule) et d'autre part la distinction entre deux problèmes n'ayant pas la même valeur épistémologique (un problème visant la recherche d'une méthode ou un problème visant sur l'obtention d'un résultat).

- ***Influence du collectif sur la signification du WP_{HC} de Mathieu***

La signification et la manifestation du WP_{HC} de Mathieu sont davantage influencées par le collectif. Début 2013, Mathieu ne se sent pas très à l'aise pour faire conjecturer des élèves de début de collège et pour les accompagner dans cette tâche. En 2013, il laisse la main à Mathilde pour déterminer la signification de leur préparation. En proposant un problème sans question, Mathilde choisit un problème très incomplet à forte valeur épistémologique et déstabilise Mathieu. Cette déstabilisation est entretenue par Billy qui interroge la valeur épistémologique de ce problème qui ne correspond pas à sa représentation d'un problème :

> « je ne comprends pas ce choix de ne pas faire émerger de problème au départ de l'activité. Au cours de nos réunions, nous étions plutôt d'accord pour souligner son importance dans l'établissement d'une démarche scientifique. » (Billy, $MRD_{étape1}$ de Mathieu, commentaire 5)

Mathieu, en réaction, hésite à positionner son problème dans le domaine de l'arithmétique, mais Fiana contribue, à partir de ses commentaires, à le ramener dans le domaine de l'algèbre. En effet, Mathieu reconnait lors de l'entretien le rôle de sa collègue de SPC pour l'éclairer sur la notion de conjecture et pour l'aider à positionner le problème :

> « Et du coup, elle *(Fiana)* en reste à comment peut-on faire pour connaître le nombre de carreaux sur le côté d'un carré ? Et d'ailleurs, c'est pas mal. (…) C'est intéressant car des non matheux ont compris que la conjecture était dans la méthode, c'est évident mais c'est rassurant aussi.» (Mathieu, entretien pré-séance 2013, 53)

Par ailleurs, Mathieu attribue aux discussions collectives qui ont eu lieu au cours des focus groups, aussi bien en 2013 qu'en 2014, l'évolution de ses connaissances de référence sur les conjectures.

- ***Influence du collectif sur la manifestation du WP_{HC} de Mathieu***

La manifestation du WP_{HC} de Mathieu est étayée par Fiana, Mathilde et Filomène. Les règles d'action qui déterminent l'habillage du problème sont soutenues par les connaissances de référence de Mathilde, celles de Mathieu se limitant à un jugement de valeur. La conception d'un scénario est influencée par les observations de Fiana mais également par les échanges au cours des focus group. Fiana influence la prévision des attitudes à avoir, et des questions pouvant relancer l'activité des élèves, c'est Mathilde qui apporte l'idée d'écrire ces questions. Fiana influence également la production de ressources possédant des supports variés pour aider les élèves. De son côté, Filomène contribue à questionner l'accessibilité d'un problème sans question pour les élèves.

Les professeurs du collectif ont un effet principal sur les dimensions pédagogiques de la manifestation. Fiana pointe des éléments de la préparation pouvant jouer sur les dimensions épistémologiques de la manifestation du WP_{HC} mais Mathieu n'en prend pas compte. Il s'agit d'une remarque adressée à Mathieu en 2013 suite à l'observation de sa séance. Fiana pointe que si Mathieu avait anticipé, lors de sa préparation, les hypothèses que pouvaient formuler les élèves, cela l'aurait aidé à prendre en compte leurs propositions :

> « L'anticipation des hypothèses possibles que pouvaient fournir les élèves, l'enseignant semblait découvrir les hypothèses, les propositions des élèves. » (Fiana, grille d'analyse de l'observation de Mathieu 2013)

Les interactions au sein du collectif aide à identifier des indices de la situation de travail, à construire ou consolider des connaissances de référence et à diversifier les règles d'action. Elles ont cependant peu d'effet sur des changements de but.

Ces modifications engendrent des évolutions du sens attribué au WP_{HC} de Mathieu. Si tous les professeurs exercent une influence, Mathilde et Fiana sont ceux qui orientent le plus grand nombre d'éléments constitutifs des savoir-processus et qui influence le plus le sens du WP_{HC}. Fiana, qui n'enseigne pas les mathématiques, exerce des effets sur la référence, la signification et la manifestation du travail de préparation par des apports pédagogiques mais également épistémologiques. Ses effets sur le modèle opératif de Mathieu peuvent être corrélés au grand nombre et à la diversité des interactions qu'elle a avec Mathieu (§ 7.1.2.2), à la réflexion épistémologique qu'elle a engagée sur l'élaboration d'hypothèses en physique et à son expertise professionnelle relative à la conduite de classe.

8. Résultats et discussion

Les professeurs de mathématiques, SVT et SPC possèdent des prescriptions communes relatives aux démarches d'investigation que nous avons caractérisées comme étant des démarches de résolution de problème à partir d'une approche hypothético-déductive. Les professeurs éprouvent des difficultés à engager leurs élèves dans une élaboration d'hypothèses en sciences ou de conjectures en mathématiques. Le travail de préparation pour engager les élèves dans de telles activités est complexe et mobilise des connaissances professionnelles spécifiques. Notre étude s'est intéressée aux conditions susceptibles de favoriser des évolutions de ces connaissances afin qu'elles attribuent davantage de *sens* à cette activité du point de vue épistémologique et du point de vue des apprentissages possibles. Nous avons fait l'hypothèse qu'une production codisciplinaire de métaressources était susceptible de favoriser de telles évolutions. Nous avons analysé d'une part en quoi cette production de ressources est possible au sein d'un collectif de professeurs de mathématiques, SVT et SPC et d'autre part les évolutions possibles des connaissances professionnelles. Au terme de ce travail, nous faisons le point sur ce que notre recherche apporte, et sur ses limites, sur les plans théorique, méthodologique et conceptuel (§ 8.1), sur les éclairages relatifs à notre question de recherche (§ 8.2), et sur les perspectives qu'elle ouvre pour la recherche et la formation (§ 8.3). S'inscrivant dans le cadre du programme de recherche ReVEA, nous mettons en avant les résultats concernant le travail des professeurs avec leurs ressources ou ceux pouvant contribuer à son analyse.

8.1. Un retour sur les propositions théoriques, méthodologiques et conceptuelles

Nous présentons les apports et les réflexions que notre recherche a suscitées d'un point de vue théorique (§ 8.1.1), méthodologique (§ 8.1.2) et conceptuel (§ 8.1.3) pour l'étude du travail des professeurs en interactions avec leurs ressources et avec les élèves et leurs collègues.

8.1.1. D'un point de vue théorique

Nous avons centré notre étude sur le *travail de préparation* que nous avons défini comme une activité de préparation de situation d'enseignement caractérisée par des interactions du professeur avec ses ressources, ses collègues, les élèves ; une relative liberté pédagogique sur l'organisation du travail et son produit ; des anticipations rendues nécessaires par l'empan temporel existant entre le moment de la préparation et les interactions avec les élèves, et l'empan spatial entre les lieux de la préparation et la classe (§ 2.2). *L'approche documentaire du didactique* (§ 3.1) nous a permis d'étudier le travail de préparation comme un travail documentaire spécifique, au cours duquel les professeurs sélectionnent, transforment, organisent dans l'espace et le temps des ressources, pour la conduite de l'enseignement et les apprentissages des élèves.

Un travail documentaire conduit à un document, entité mixte composée de ressources recombinées et d'un schème d'utilisation. Notre étude focalise non pas sur les connaissances professionnelles qui pilotent les usages des ressources recombinées, mais sur celles qui permettent la mise au travail des ressources. Nous avons utilisé le *modèle opératif* (§ 3.3) pour modéliser le réseau des connaissances professionnelles qui orientent le travail documentaire engagé dans un travail de préparation à partir des buts et sous-buts de l'activité, et les *savoirs-processus* (§ 3.3) pour modéliser ces connaissances à partir d'une analyse des actions (but, indice, règle d'action, connaissance de référence). La mobilisation de ces deux modèles, modèle opératif et savoir-processus, nous a permis d'articuler des approches analytique et holistique des connaissances professionnelles qui orientent un travail documentaire.

L'i*ndice* est un élément constitutif d'un savoir-processus. Il est essentiel à l'action et à son adaptation à la situation : il correspond à l'information tirée de la situation par le sujet en fonction du but fixé, il déclenche les stratégies d'action pratique (Grangeat, 2011a). Notre recherche nous a permis d'identifier une hétérogénéité dans les indices des savoirs-processus qui guident l'action d'un professeur (§ 3.3.2). Cela nous conduit à développer la notion d'indice en distinguant :

- les indices prélevés dans la situation de travail. Dans un travail de préparation, ceux qui sont issus des ressources du professeur sont nombreux. Ils sont relatifs au contenu de la ressource, à sa localisation, à son origine, à sa disponibilité ;
- les indices absents de la situation de travail qui reposent sur l'attitude proactive des professeurs. Ces indices sont des *prévisions* sur les interactions possibles entre les élèves, les élèves et le professeur, les élèves et les ressources préparées. Dans un travail de préparation, du fait de l'empan temporel et spatial entre la production des ressources et leur mise en œuvre dans la classe, ils jouent un rôle important.

Une étude du travail documentaire, s'appuyant sur le modèle opératif et sur les savoirs-processus, constitue une approche ergonomique du travail de préparation. Elle conduit à une analyse de l'organisation de l'activité mais n'informe pas sur son efficacité du point de vue de la nature des apprentissages des élèves. L'articulation de cette approche ergonomique avec le cadre de *problématisation* (§ 3.4), cadre didactique et épistémologique, nous a permis d'étudier des évolutions des connaissances professionnelles qui orientent l'activité WP_{HC}, c'est-à-dire le travail de préparation pour engager les élèves dans l'élaboration *d'hypothèses* en SVT et SPC, ou de *conjectures* en mathématiques.

8.1.2. **D'un point de vue méthodologique**

Nous avons développé une méthodologie *d'ingénierie d'investigation réflexive* (§ 5.1.3) que nous avons définie comme une méthodologie articulant une *ingénierie didactique* et une *investigation réflexive*. Cette méthodologie nous a permis :

- de construire une niche expérimentale pour l'étude d'une activité non ordinaire : une production codisciplinaire de métaressources ayant pour objectif de soutenir un WP_{HC} ;
- de produire et de collecter des données qui soient au plus près du travail documentaire pour pouvoir étudier des évolutions des connaissances professionnelles qui orientent un WP_{HC}.

La *réalisation d'investigation réflexive* - notre dispositif de recherche - s'appuie sur une diversité d'outils méthodologiques et de tâches impliquant les professeurs avec un regard réflexif sur leur travail documentaire, et sur une posture spécifique du chercheur.

Du côté du chercheur, cette réalisation a permis de recueillir des données qui dépassent les déclarations des professeurs. En étant liées à l'activité productive et en ayant des sources différentes permettant d'effectuer des recoupements, ces données se complètent et permettent d'inférer l'organisation des connaissances professionnelles en partant de l'activité et de ses productions.

Du côté des professeurs, nous avons proposé des principes méthodologiques qui ont contribué à les engager et à réguler leur participation effective dans un contexte non ordinaire et exigeant (§ 6.1) :

- le principe *d'une association de professeurs volontaires et éclairés* a permis aux professeurs de s'approprier les objectifs, les outils et les modalités de la réalisation (un travail codisciplinaire, une production de métaressources) ;
- - le principe d'une *conception dans l'usage* a permis de prendre en compte les adaptations nécessaires au développement du dispositif ;
- - le principe d'une *double reconnaissance institutionnelle* a soutenu l'engagement des enseignants sur la durée et au-delà de la réalisation.

L'adhésion des professeurs aux différents outils de la réalisation nous permet de dégager les caractéristiques des outils à retenir dans une réalisation d'investigation réflexive. Les outils pour lesquels les professeurs ont manifesté le plus d'intérêt ont été les métaressources disciplinaires qui sont une aide au travail de préparation, et les observations croisées de la mise en œuvre des situations préparées. Le fil des échanges, outil le plus éloigné des pratiques (traces des échanges et réflexion sur le WP_{HC}) a peu été utilisé par les professeurs. Ce résultat semble mettre en évidence que les outils méthodologiques qui retiennent le plus l'adhésion des professeurs sont des outils qui sont aux prises directes avec leurs pratiques professionnelles, même s'il s'agit de pratiques non ordinaires.

Le chercheur a été à la fois interne à la réalisation et externe au collectif. Il a été interne à la réalisation puisqu'il a impulsé et contribué à l'organisation du milieu dans lequel le collectif a évolué :

il a proposé et négocié tâches, outils, planification des tâches. Ce rôle a été nécessaire pour constituer et faire vivre la niche expérimentale souhaitée. Le chercheur a été externe au collectif dans le sens où il n'a jamais contribué aux échanges entre les professeurs et n'a jamais apporté de ressources externes à la réalisation. Les évolutions de connaissances repérées peuvent ainsi être inférées au fonctionnement codisciplinaire du collectif, à la production de métaressources, mais pas à des apports du chercheur.

8.1.3. **D'un point de vue conceptuel**

Notre recherche nous a permis de développer et de mettre à l'épreuve les notions de *métaressource* et de *co-métaressources* (§ 8.1.3.1), questionner celle de *ressources immatérielles et mémorielles* (§8.1.3.2), et de mettre à l'épreuve celui de *ressource pivot* d'un travail de préparation (§ 8.1.3.3).

8.1.3.1. les notions de métaressource et co-métaressource

Nous avons mis en évidence l'importance des métaressources que nous avons définies comme des ressources qui aident à la production de ressources en suscitant une posture réflexive sur le travail documentaire à conduire ou sur ses effets (§ 6.2). Au cours de notre étude, les professeurs ont produit deux types de métaressources : des métaressources *génériques* (MRG) qui sont une explicitation de la représentation d'un WP_{HC}, et des métaressources *disciplinaires* (MRD) qui sont une explicitation d'un WP_{HC} sur un thème disciplinaire. Nous précisons d'une part en quoi les MRD et MRG nous ont permis de mettre à l'épreuve la notion de métaressource et de développer celle de co-métaressource, et d'autre part en quoi de telles ressources constituent des outils pour le chercheur.

- ***La notion de métaressource***

Nos résultats mettent en évidence que les professeurs produisent des métaressources pour soutenir leur travail de préparation. En effet, ils explicitent leur activité dans leur MRD en apportant des éléments de *description*, de *justification* des choix effectués et de *prévision* des effets de ces choix. Ils explicitent dans leur MRG leur représentation de l'activité en décrivant les buts généraux (les dimensions critiques de l'activité), des sous buts, ainsi que des stratégies d'action possibles et des connaissances qui leur sont associées. Toutefois, les explicitations apportées sont plus ou moins approfondies selon les moments de la production et selon les professeurs.

Par ailleurs, de telles ressources sont des aides à l'action. La MRG aide à produire une MRD : les repères de la MRG constituent des dimensions critiques qui orientent la production de la MRD. La MRD aide au travail de préparation : les choix opérés et discutés dans les MRD contribuent à produire la ressource fille. De telles ressources assurent donc des médiations, à composante pragmatique, orientées vers l'activité. Cependant, les métaressources ne semblent pas être des

ressources qui soutiennent directement les pratiques professionnelles : une MRD, qui aide le professeur dans son travail de préparation, ne semble pas remplacer la ressource fille qui est l'objet de cette préparation. La ressource fille a pour objectif de soutenir la conduite de classe, la MRD est une *ressource intermédiaire* de la ressource fille.

Pour finir, l'activité du collectif a été orientée vers la production de MRG et de MRD et nous avons mis en évidence, chez l'un des professeurs, des évolutions de la représentation de la situation de travail et du modèle opératif qui oriente un $WP_{HC.}$ La production de telles ressources peuvent soutenir des conceptualisations.

- ***La notion de co-métaressources***

L'analyse des MRD et MRG met en évidence qu'il s'agit d'un type spécifique de métaressource. En effet, ces métaressources soutiennent également des médiations entre le concepteur de la ressource et les autres individus du collectif grâce à un niveau constitutif supplémentaire que nous dénommons le *niveau des interactions.*

Nous avons mis en évidence, à partir des MRD, que ce type de ressources peut renforcer des médiations à composante épistémique orientées vers le concepteur et vers son activité, à partir des descriptions, justifications et prévisions supplémentaires qu'il apporte en répondant aux autres professeurs dans les fils de discussion. Ces co-métaressources permettent probablement d'autres médiations que nous avons peu ou pas du tout analysées :

- Pour le professeur concepteur, elles peuvent encore soutenir des médiations à composante épistémique orientées vers les autres professeurs ;
- pour les professeurs qui interagissent avec le concepteur, elles peuvent soutenir des médiations à composante épistémique orientées vers l'activité du concepteur, développant ainsi une meilleure connaissance de l'activité WP_{HC} dans la discipline du concepteur et par contraste dans la discipline enseignée ;
- pour tous, elles sont susceptibles de soutenir des médiations à composante pragmatique orientée vers l'activité des professeurs dans leur discipline, mais également vers une action coordonnée de leur enseignement afin de favoriser les apprentissages permis par l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures dans chacune des disciplines.

Cette analyse nous conduit à prolonger le concept de métaressource par celui de *co-métaressource* :

> Une co-métaressource est une métaressource qui soutient des interactions au sein d'un collectif. Il s'agit de médiations à composante épistémique et pragmatique orientées vers le concepteur de la métaressource, vers l'objet de son activité et vers les autres individus du collectif. Elle est une aide à l'action individuelle, à la coordination des actions individuelles, et une aide à la conceptualisation.

Les co-métaressources ont un intérêt particulier dans une coopération distribuée entre acteurs issus de mondes différents pour aider leur intercompréhension.

- ***Les métaressources : des outils pour le chercheur***

Une métaressource peut également constituer un outil méthodologique d'une investigation réflexive. Son niveau de l'explicitation lui permet de contribuer au recueil de données relatif à l'organisation de l'activité d'un professeur, ou de ses représentations de l'activité. Une co-métaressource permet également de tracer des interactions entre le concepteur et d'autres individus et ainsi de pouvoir apprécier les effets de ces interactions sur les conceptualisations ou sur la coordination des actions.

Dans notre recherche, les descriptions, justifications, prévisions apportées dans les MRD pour expliciter le travail de préparation ont constitué une source de données pour identifier les éléments constitutifs des savoirs-processus. Ces données ont été complétées par les réponses du concepteur dans les fils de discussion de la MRD et par les informations apportées dans les entretiens d'explicitation conduits en appui sur la MRD. La MRD a ainsi constitué un outil méthodologique essentiel de l'analyse des savoirs-processus.

Notre recherche met en évidence l'intérêt des métaressources comme outil méthodologique pertinent pour l'analyse des savoirs-processus et du modèle opératif qui orientent une production de ressources. Il s'agit de s'appuyer sur le produit de l'activité et non sur son observation directe. Les métaressources sont donc des outils méthodologiques adaptés pour analyser un travail de préparation qui se déroule hors la classe et qui est donc difficile à observer.

8.1.3.2. Des ressources immatérielles et mémorielles

L'analyse fine du travail documentaire d'un des professeurs nous a permis de mettre en évidence une catégorie spécifique de ressource : des ressources *immatérielles et mémorielles* (§ 7.2.1.1). En effet, l'analyse des ressources mères utilisées par Mathieu montre qu'il utilise une ressource qui n'a plus de matérialité. Il s'agit de la principale ressource mère qu'il utilise pour initier sa préparation. Elle est égarée, mais il est capable de la reconstruire et de la partager, d'une part avec sa collègue de mathématique pour une préparation commune, et d'autre part avec le chercheur. Par ailleurs, il est également capable de retrouver sur Internet une ressource présentant des caractéristiques similaires.

Ces observations soulèvent des questions : le système de ressources d'un professeur possède-t-il des ressources immatérielles mais mémorielles ? Doivent-elles être considérées comme des ressources ? En quoi la ressource reconstruite est-elle fidèles à la ressource initiale ? Quels sont les écarts éventuels ?

8.1.3.3. Une ressource pivot du travail de préparation : la « fiche d'activité »

Notre recherche a mis en évidence une *ressource pivot* dans le travail de préparation des professeurs de mathématiques, de SPC et SVT (§ 6.2.2). Nous avons définie une ressource pivot comme une ressource qui soutient un travail de préparation en favorisant l'articulation de différentes ressources mères dans l'espace (travail hors classe et dans la classe) et dans le temps (situation d'enseignement passée, actuelle et à venir). Il s'agit d'une ressource dénommée « fiche d'activité » par les professeurs. Elle peut avoir différents supports (fichier texte, diapositive, papier). Elle présente la ou les tâches à effectuer par les élèves, les ressources ou la liste de ressources nécessaires pour réaliser la tâche, et souvent un gabarit permettant aux élèves de faire part de leur réponse ou de leur recherche. Elle tient une place spécifique aussi bien dans les ressources sélectionnées que dans la ressource fille produite. En effet, parmi les ressources mères sélectionnées, celle qui est pointée comme essentielle par tous les professeurs, est une ressource du type fiche d'activité, ou comme dans l'article IREM sélectionné par Mathieu, ou dans le document d'accompagnement sélectionné par Fiana, elle en intègre une. De même les constituants de la ressource fille s'agrègent et s'organisent à partir d'une fiche d'activité. Ainsi, pour les différentes situations que nous avons étudiées, la *fiche d'activité* initie et organise la préparation et d'autre part soutient sa mise en jeu dans la classe. Entre deux utilisations de la ressource fille, elle est le premier constituant qui revient en mémoire et qui est remobilisé. Il serait intéressant de croiser ce résultat avec d'autres observations pour déterminer si la *fiche d'activité* est effectivement une *ressource pivot* du travail de préparation en mathématiques, en SVT et en SPC.

8.2. Retour sur la question de recherche

Notre question de recherche porte sur les effets de genèses documentaires codisciplinaires de métaressources sur le modèle opératif qui oriente un travail de préparation ayant pour objectif d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures. Nous avons fait l'hypothèse que de telles genèses documentaires sont susceptibles de s'effectuer et de favoriser des évolutions permettant d'inscrire davantage les tâches des élèves dans le cadre d'une problématisation.

Nous présentons les caractéristiques des genèses codisciplinaires de métaressources qui ont émergées du collectif de professeurs de mathématiques, de SVT et de SPC (§ 8.2.1) et quelles sont les évolutions du modèle opératif qui ont été repérées à partir d'une étude de cas (§ 8.2.2) avant de souligner les limites de notre étude (§ 8.2.3).

8.2.1. **Des genèses codisciplinaires de métaressources**

Les professeurs se sont engagés dans des cycles itératifs de production codisciplinaire de métaressources : les métaressources ont soutenu leur travail de préparation et ont été révisées suite

à leur usage, la forme de travail collectif adopté a été la codisciplinarité (§ 6). Tous les professeurs ont participé à cette production de ressources, c'est-à-dire qu'ils ont pris part, ont contribué et en ont bénéficié. La codisciplinarité s'est manifestée par leur intérêt et leur attitude réflexive, aussi bien sur leurs ressources et leurs pratiques, que sur celles des professeurs des autres disciplines du collectif. Elle a permis de dépasser des difficultés d'un travail collectif entre professeurs de mathématiques, SVT et SPC pouvant être engendrées par les *spécificités disciplinaires*. Cette production codisciplinaire de métaressources a été à l'origine d'un *vivier de ressources et d'usages* qui ont contribué à une *restructuration des systèmes de ressources et systèmes documentaires* des professeurs. Ces résultats mettent en évidence que les professeurs se sont engagés dans des *genèses documentaires codisciplinaires de métaressources.*

Toutefois la participation à cette production codisciplinaire de métaressource n'est pas la même pour tous. Elle présente des variations liées à des facteurs internes aux individus. Les pratiques collectives installées, l'expertise professionnelle, les visées communes de l'enseignement, la règle du « don/contre don», sont des facteurs qui ont stimulé la participation des professeurs. Si le fait d'enseigner la même discipline a été un facteur favorisant des contributions entre professeurs, les facteurs internes aux individus ont joué un rôle tout aussi important.

La participation des professeurs au collectif a dépassé dans le temps et l'espace la production de métaressources orientée par la réalisation. Les professeurs ont mobilisé et partagé des ressources qui ont dépassé les outils de la réalisation, ont développé des usages pour des activités n'appartenant pas à la famille d'activité WP_{HC}, et ont poursuivi une activité collective au-delà de la durée de la réalisation. Les genèses documentaires codisciplinaires de métaressources ont ainsi engagé les professeurs dans une dynamique professionnelle qui dépasse celle de la réalisation orientée par le chercheur. Une forme de travail codisciplinaire et réflexif entre professeurs de sciences et de mathématiques, initiée par un dispositif, peut dynamiser le travail documentaire des professeurs au-delà du dispositif et de son objet de travail.

8.2.2. Une évolution du modèle opératif qui oriente un WP_{HC}

L'analyse fine du modèle opératif et des savoirs-processus qui orientent le travail de préparation de Mathieu, l'un des deux professeurs de mathématiques, met en évidence des évolutions. Des savoirs-processus se consolident, de nouveaux savoirs-processus apparaissent (§ 7.4). Le modèle opératif se réorganise (§ 7.5). Toutefois, les dimensions critiques de l'activité ne sont pas modifiées sur la durée de la recherche. Les modifications observées apportent davantage de *sens* au travail de préparation. La *référence* qui est le savoir, objet de la problématisation, est mieux analysée ; les obstacles épistémologiques sont mieux repérés. La *signification* qui attribue la valeur épistémologique au travail de préparation se renforce à partir notamment de connaissances de référence plus précises

sur les conjectures. La manifestation, qui attribue les effets possibles au travail de préparation sur les élèves, s'améliore par la production de plusieurs inducteurs ayant pour objectif d'aider les élèves à conjecturer et à argumenter leur conjectures, mais sans le faire à leur place. Ces inducteurs qui sont essentiellement de nature pédagogique la première année, sont de nature didactique et épistémologique la deuxième année. Ces évolutions mettent en évidence que Mathieu profite des interactions codisciplinaires pour améliorer l'enseignement de sa discipline.

L'analyse fine des effets des interactions entre Mathieu et les autres professeurs permet de préciser ces résultats (§ 7.5.4). Premièrement, les effets des interactions entre professeurs de disciplines différentes peuvent être fructueuses ne serait-ce que par les questionnements qu'elles soulèvent. Ces questionnements semblent d'autant plus pertinents que la personne qui interroge, suggère et commente, est experte de sa discipline. Deuxièmement, toutes les interactions, mêmes pertinentes, ne sont pas toujours suivies d'effets et nous avons décelé à plusieurs reprises que les évolutions des savoirs-processus s'effectuent non pas à partir d'une interaction isolée, mais à partir d'une succession, ou d'un faisceau convergent, d'interactions sociales ou d'interactions avec des ressources. Par exemple, Fiana dès 2013 exprime dans la MRD de Mathieu qu'il y a deux objectifs et deux difficultés dans la production d'une formule (la lettre, la généralisation). En 2014, Mathilde attire l'attention de Mathieu dans sa MRD sur la nécessité de dissocier ces deux objectifs liés à deux difficultés différentes pour les élèves. Or en fin de préparation, Mathieu semble découvrir l'existence de ces deux obstacles dans sa ressource mère. Ces résultats montrent l'importance d'un milieu riche en interactions et d'une posture réflexive pour pouvoir déstabiliser des pratiques établies et des connaissances préalables. Nous mettons ce résultat en relation avec des observations que nous avons effectuées dans ReVEA et qui montrent l'existence de ressources *invisibles* qui, bien que pertinentes pour les pratiques et présentes dans le milieu, ne sont pas repérées par les professeurs.

8.2.3. **Le domaine de validité de la recherche**

Les objets étudiés et la méthodologie choisie déterminent le domaine de validité des résultats. En premier lieu, l'analyse des savoirs-processus implique de recueillir et de traiter un très grand nombre de données. Les conditions de cette recherche nous ont permis d'analyser le modèle opératif que d'un seul professeur, d'une discipline donnée, pour une seule situation d'enseignement. Les résultats obtenus concernent donc une étude de cas isolée et les résultats obtenus nous permettent de montrer que d'éventuelles tendances. La précision d'analyse est atteinte au détriment d'une étude plus large de cas. En second lieu, notre approche des conditions susceptibles de favoriser des évolutions du modèle opératif, est systémique. Il est donc difficile de dissocier les effets des différents éléments de la réalisation, notamment ceux de la codisciplinarité, de ceux des métaressources. Il s'agit toutefois d'un ensemble de facteurs qui convergent pour soutenir le

professeur dans une posture réflexive sur la discipline qu'il enseigne en privilégiant les interactions avec les ressources de professeurs d'autres disciplines. L'analyse fine de certains éléments comme celle des effets des commentaires des autres professeurs dans la MRD de Mathieu permet toutefois de dégager les lignes de force présentées ci-dessus.

8.3. Ouverture de nouvelles pistes

Notre étude est susceptible d'ouvrir de nouvelles pistes pour la recherche (§ 8.3.1), mais également pour des dispositifs de formation innovants (§ 8.3.2).

8.3.1. **Pour la recherche**

Le recueil de données que nous avons effectué peut permettre d'approfondir notre question de recherche et d'en soulever de nouvelles.

Concernant notre question de recherche, l'analyse du modèle opératif de Mathieu pour la préparation de la deuxième situation d'enseignement permettrait d'identifier d'éventuelles invariances dans les savoirs-processus et dans le modèle opératif ou/et l'effet conjoncturel des premières évolutions constatées. L'analyse des évolutions du modèle opératif des autres professeurs du collectif permettrait d'éprouver la validité des premiers résultats obtenus et de mettre à l'épreuve la méthodologie d'analyse des savoirs-processus ainsi que le cadre d'analyse de la problématisation dans d'autres disciplines scientifiques.

L'analyse des évolutions des modèles opératifs des différents professeurs pourrait également permettre de repérer la *représentation opérative partagée* du WP_{HC} pouvant se construire dans un collectif codisciplinaire. L'analyse de l'ensemble des MRG et des échanges qui ont eu lieu au cours des focus group, à partir des MRG produites, permettrait d'étudier les évolutions de la représentation de la situation de travail dans un collectif codisciplinaire.

Plus largement, les effets de la codisciplinarité sur le développement professionnel pourraient être testés dans des collectifs codisciplinaires réunissant des disciplines non voisines et des métaressources pour d'autres objets d'enseignement que le WP_{HC}.

8.3.2. **Pour des dispositifs de formation/formation-recherche innovants**

La production de co-métaressources est exigeante, mais elle a retenu la motivation initiale des professeurs et leur intérêt au cours des deux années de suivi. Nous faisons l'hypothèse qu'elles peuvent être adoptées dans des contextes où les professeurs sont volontaires et où leurs usages sont régulés en interne par une personne du collectif, ou/et en externe par une personne associée au collectif, cette personne peut être un formateur ou un chercheur. Leur utilisation semble facilitée par un support numérique collaboratif en ligne qui, en permettant des interactions à distance et

différées dans le temps, respecte l'espace et le temps de travail de chacun. Les co-métaressources qui suscitent une posture réflexive et des interactions entre personnes pouvant être issues de « mondes différents » peuvent contribuer à la construction de *collectifs formateurs* ou de *collectifs de recherche* fondés sur une coopération distribuée. De tels collectifs peuvent être constitués de professeurs et de chercheurs, de professeurs de différentes disciplines, ou encore de professeurs d'école et de professeurs du secondaire. Les collectifs formateurs peuvent prendre toute leur place, d'une part le cadre de la réforme du collège[58] qui prévoit un cycle d'enseignement (le cycle 3) commun à la fin de l'école primaire et à la première année du collège, et 20 % des enseignements interdisciplinaires dans le cadre des EPI (enseignements pratiques interdisciplinaires) au cycle 4. Des collectifs enseignants-chercheurs pourraient se développer dans le cadre de l'Institut Carnot en éducation qui est expérimenté dans la région Rhône Alpes Auvergne à partir de 2016.

[58] Décret du 19 mai 2015, JORF n°0115 du 20 mai 2015 page 8503, texte n° 7

Références

Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1149). Lawrence Erlbaum Associates : Mahwah, New Jersey.

Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In G. Gueudet & L. Trouche (Eds.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 23-37). Rennes et Lyon : Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Aldon, G., Monod-Ansaldi, R., & Prieur, M. (2012). Les conditions d'un travail collaboratif co-disciplinaire pour la mise en oeuvre de démarches d'investigation au lycée. Symposium Travail collectif enseignant et émancipation : lignes de forces et ruptures. In M. Grangeat (Ed.), *Actes du colloque international Formes d'éducation et processus d'émancipation* (pp. 32-45). Rennes : CREAD.

Aldon, G., Monod-Ansaldi, R., & Prieur, M. (2014). Articuler les apprentissages en Sciences et Mathématiques par des démarches expérimentales codisciplinaires. *Repères IREM, 96*, 35-51.

Altet, M. (1994). *La formation professionnelle des enseignants*. Paris : Presses universitaires de france.

Alves, C., Coppé, S., duval, V., Golslard, A., Kuhman, H., & Martin Dametto, S. (2013). Utilisation des programmes de calcul pour introduire l'algebre au collège. *Repères IREM, 92*, 9-30.

Andler, M. (2005). La démarche d'investigation en mathématiques : pour elle-même ? En relation avec les sciences expérimentales ? *Actes du colloque "Mathématiques, sciences expérimentales et d'observation à l'école primaire* (pp. 27-28). Saint-Etienne : La Main à la pâte & Scienceduc.

Arnold, V. I. (1998). Sur l'éducation mathématiques. *Gazette SMF, 78*, 19-29.

Arsac, G., & Mante, M. (1989). Le rôle du professeur : aspects pratiques et théoriques, reproductibilité *Cahiers du séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique* (pp. 79-105). Grenoble : IMAG-LSD.

Arsac, G., & Mante, M. (2007). *Les pratiques du problème ouvert* Lyon : CRDP de Lyon.

Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques, 9*(3), 281-308.

Artigue, M. (2002). Ingénierie didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Les Dossiers des sciences de l'éducation, 8*, 59-72.

Artigue, M. (2011). Enseigner des mathématiques : le défi de la pluridisciplinarité. *Conférence invitée à la journée d'étude de l'IREM de Rennes, mars 2011*.

Artigue, M. (2012a). Démarches d'investigation et IBME *Journées mathématiques EducTice*. Lyon : IFE-ENS de Lyon.

Artigue, M. (2012b). Le calcul de l'école au collège, vers le calcul algébrique *Conférence nationale sur l'enseignement des mathématiques à l'école primaire et au collège.* Lyon - IFE, 13 mars 2012.

Bachelard, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris : PUF.

Bachelard, G. (1938/1993). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Paris : Vrin.

Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris P.U.F.

Barrier, T. (2009). *Une perspective sémantique et dialogique sur l'activité de validation en mathématiques.* hèse de doctorat non publiée, Université Claude Bernard Lyon 1.

Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2010). Perspectives et défis des méthodes d'apprentissage par investigation. In H. Dumont, D. Istance & F. Benavides (Eds.), *Comment apprend-on ? : La recherche au service de la pratique*. Paris : OCDE.

Bataille, M., Blin, J.-F., Jacquet-Mias, C., & Piaser, A. (1997). Représentations sociales, représentations professionnelles, système des activités professionnelles. *L'année de la recherche en sciences de l'éducation, Année 1997*, 57-90.

Bécu-Robinault, K. (2007). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de SPC. *Aster, 45*, 165-188.
Beorchia, F. (2003). *Débats scientifiques dans la classe et problématisation dans le domaine de la communication nerveuse.* Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université de Nantes, Nantes.
Bernard, C. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : Libraires de l'académie impériale de médecine.
Bkouche, R. (1982). Les mathématiques comme science expérimentale. *Bulletin APMEP, 333*.
Blanchard-Laville, C. (2000). De la co-disciplinarité en sciences de l'éducation. *Revue française de pédagogie, 132*, 55-66.
Bomchil, S., & Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? . *Aster 26*, 85-108.
Booth, L. R. (1984). Erreurs et incompréhensions en algèbre élémentaire. *Journal pour les enseignants de mathématiques et de sciences physiques du premier cycle de l'enseignement secondaire, 5*, 5-17.
Boreham, N. (2004). Orienting the work-based curriculum towards work process knowledge : a rationale and a German case study. *Studies In Continuing Education, 26*(2), 209-227.
Borwein, J. (2015). The life of Modern Homo Habilis Mathematicus : Experimental Computation and Visual Theorems. In J. Monaghan, L. Trouche & J. Borwein (Eds.), *Tools and mathematics : Instruments for learning*. Paris : Spring-Verlag.
Borwein, J., Bailey, D., & Girgensohn, R. (2004). What is Experimental Mathematics ? In J. Borwein, D. Bailey & R. Girgensohn (Eds.), Mathematics by Experimen t :Plausible Reasoning in the 21st Century and Experiments in Mathematics : Computational Paths to Discovery (pp. 52-66). Natick, Massachussetts : AK Peters.
Bressoux, P. (2002). *Les stratégies de l'enseignant en situation d'interaction*. Note de synthèse pour Cognitique : Programme Ecole et Sciences Cognitives.
Bressoux, P. (2013). Les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences : mises au point et mises en garde. In M. Grangeat (Ed.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 237-243). Grenoble : PUG.
Briand, J. (2007). La place de l'expérience dans la construction des mathématiques en classe. *Petit x 75, 7*, 7-33.
Briaud, P. (2013). Activités de groupe dans un apprentissage par problématisation : une étude de cas en physique. Symposium Les dynamiques de problématisation dans les interactions d'apprentissage. In A. Musquer & L. Bruno (Eds.), *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Montpellier : Université Paul Valéry.
Brousseau, G. (1976). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. In W. Vanhamme & J. Vanhamme (Eds.), *La problématique et l'enseignement de la mathématique. Comptes rendus de la XXVIIIe rencontre organisée par la Commission Internationale pour l'Etude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques.* (pp. 101-117). Louvain-la-neuve.
Brousseau, G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques.* Thèse d'Etat, Université de Bordeaux I, Bordeaux.
Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique et le concept de milieu : Dévolution. *Recherches en didactique des Mathématiques, 9*(3).
Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.
Brousseau, G. (2003). Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques *Disponible en ligne, http ://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2010/09/Glossaire_V5.pdf, consulté le 29 mars 2016*.
Bru, M. (1991). *Les variations didactiques dans l'organisation des conditions d'apprentissage*. Toulouse : Editions Universitaires du Sud.
Brun, J. (1996). *Didactique des mathématiques*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.

Calderhead, J. (1996). Teachers : Beliefs and knowledge. In , . In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Pyschology* (pp. 709-725). New York : Macmillan.

Calmettes, B. (2009). Milieu didactique et démarche d'investigation en physique *Actes du 1er colloque international de l'Association de Recherche en Didactique Comparée : "Où va la didactique comparée?" Didactiques disciplinaires et approches comparatistes des pratiques d'enseignement et apprentissage*. Genève, 15-16 janvier 2009.

Cariou, J.-Y. (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences.* Thèse de doctorat, Université de Genève, Genève, Suisse.

Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherche en éducation, 21*, 12-33.

Casalfiore, S. (2000). L'activité des enseignants en classe : contribution à la compréhension de la réalité professionnelle des enseignants. *Cahier de Recherche du GIRSEF, 6*.

Champy-Remoussenard, P. (2014). Des dimensions collectives comme dimensions génériques du travail humain et leurs déclinaisons dans des activités d'enseignement partenariales. *Questions vives, 21*, 2-14.

Chautard, P., & Huber, M. (1999). *La gestion des imprévus par l'exercice du jugement pédagogique. Rapport de recherche*. Dijon : ENESAD.

Chevallard, Y. (1982). Sur l'ingénierie didactique. *2e école d'été de didactique des mathématiques. Olivet du 5 au 17 juillet 1982*.

Chevallard, Y. (1985). *La Transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble La Pensée sauvage.

Chevallard, Y. (1989a). Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel *Rapport officiel, Séminaire de Didactique des mathématiques et de l'informatique* (Vol. 108). Grenoble : LSD-IMAG.

Chevallard, Y. (1989b). Le passage de l'arithmétique à l'algébrique dans l'enseignement des mathématiques au collège. Deuxième partie. Perspectives curriculaires : la notion de modélisation. *Petit x, 19*, 43–72.

Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en didactique des Mathématiques, 12*(1).

Chevallard, Y. (2002). Les TPE comme problème didactique *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2001* (pp. 177-188). Paris : IREM de Paris 7.

Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot (Eds.), *Rapport au savoir et didactiques* (pp. 81-104). Paris : Fabert.

Chevallard, Y. (2004). Vers une didactique de la codisciplinarité. Notes sur une nouvelle épistémologie scolaire. *Journées de didactique comparée 2004, Lyon, 3-4 mai 2004*.

Chevallard, Y. (2007). Séminaire PLC2, année universitaire 2006-2007.

Chevallard, Y. (2009). La notion d'ingénierie didactique, un concept à refonder. Questionnement et éléments de réponse à partir de la TAD. *15e École d'Été de Didactique des Mathématiques. Clermont-Ferrand, 16-23 août 2009*.

Choppin, A. (2005). L'édition scolaire française et ses contraintes : une perspective historique. In E. Bruillard (Ed.), *Manuels scolaires, regards croisés* (pp. 39-53). Saint-Maurice-sur-Fessard : SCEREN-CRDP Basse-Normandie.

Clot, Y. (1995). L'échange avec un "sosie" pour penser l'expérience. *Société française, 53*(4), 51-55.

Combier, G., Guillaume, J.-C., & Pressiat, A. (1996). *Les débuts de l'algèbre au collège*. Paris INRP.

Comte, A. (1989/1830). *Cours de philosophie positive*. Paris : Hermann.

Coppé, S., & Veillard, L. (2009). Mobilisation de connaissances antérieures lors de la préparation d'une leçon de mathématiques par des jeunes professeurs stagiaires. In F. Leutenegger (Ed.), *Actes du 1er colloque international de l'Association de Recherche en Didactique Comparée (ARCD) : "Où va la didactique comparée?" Didactiques disciplinaires et approches comparatistes des pratiques d'enseignement et apprentissage* (pp. 55-68). Lyon.

Coquidé, M. (2003). Face à l'expérimental scolaire. In J.-P. Astolfi (Ed.), *Education et formation : nouvelles questions, nouveaux métiers* (pp. 153-180). Paris : ESF.
Coquidé, M. (2008). Les disciplines scolaires et leurs enseignements spécialisés : distinguer pour pouvoir articuler et travailler ensemble. In A. Hasni & J. Lebeaume (Eds.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (pp. 51-74). Sherbrooke/Lyon : CRP/INRP.
Coquidé, M., Fortin, C., & Lasson, C. (2013). D'un curriculum auto-prescrit à des curriculums co-produits : le cas de l'enseignement intégré de science et technologie au collège. *Spirale, 52*, 9-33.
Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster, 49*, 49-76.
Coulange, L., & Grugeon, B. (2008). Pratiques enseignantes et transmission de situations d'enseignement en algèbre. *Petit x, 78*, 5-23.
Crahay, M., Wanlin, P., Issaieva, É., & Laduron, I. (2010). Fonctions, structuration et évolution des croyances (et connaissances) des enseignants. *Revue française de pédagogie, 172*, 44-85.
Crépin-Obert, P. (2010). *Construction de problèmes et obstacles épistémologiques à propos du concept de fossile.* Thèse de doctorat, Université de Nantes, Nantes.
Cross, D. (2012). Reconstruire des connaissances professionnelles d'enseignants à partir de l'action en classe, une étude de cas en physique .Symposium Travail collectif enseignant et émancipation : lignes de forces et ruptures. In M. Grangeat (Ed.), *Actes du colloque international « formes d'éducation et processus d'émancipation »* (pp. 16-22). Rennes : CREAD.
Daina, A., Mathé, A., Pelay, N., & Sabra, H. (2011). L'expérimentation dans nos recherches en didactique des mathématiques : méthodologie et position du chercheur. Réflexion autour du thème du IVème séminaire des jeunes chercheurs de l'ARDM. In M. Abboud-Blanchard & A. Flükiger (Eds.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques* (pp. 57-76). Paris : IREM de Paris 7.
Dames Alturkmani, M. (2015). *Genèse des affinités disciplinaire et didactique et genèse documentaire : le cas des professeurs de physique-chimie en France.* Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Ecole normale supérieure de Lyon, Lyon.
Daunay, B. (2011). Parcours au sein des écrits professionnels des enseignants. In B. Daunay (Ed.), *Les écrits professionnels des enseignants. Approche didactique* (pp. 15-34). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
Daunay, B., Fialip-Baratte, M., Hassan, R., Lahanier-Reuter, D., & Morisse, M. (2011). Avant Propos. In B. Daunay (Ed.), *Les écrits professionnels des enseignants. Approche didactique* (pp. 9-13). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
De Vecchi, G. (2004). *Une banque de situations-problèmes tous niveaux, tomes I et II*. Paris : Hachette.
Degret, P. (2010). Exploration des complémentarités de contenus et champs d'interventions dans l'enseignement des professeurs de Sciences et de Technologie à l'école moyenne In A. Hasni & J. Lebeaume (Eds.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (pp. 221-243). Ottawa Presses de l'université d'Ottawa.
Deleuze, G. (1969). *Logique du sens*. Paris Minuit.
Dewey, J. (1993). *Logique. La théorie de l'enquête* (D. Deledalle, Trans.). Paris : PUF.
Dias, T. (2008). *La dimension expérimentale des mathématiques : un levier pour l'enseignement et l'apprentissage.* Thèse de doctorat, Université Claude Bernard - Lyon I, Lyon.
Douady, R. (1984). *Jeux de cadres et dialectique outil-objet dans l'enseignement des mathématiques. Une réalisation dans tout le cursus primaire.* Thèse d'Etat, Univesité Paris Descartes, Paris.
Durand-Guerrier, V. (2010). La dimension expérimentale en mathématiques. Enjeux épistémologiques et didactiques. *EXPRIME*. Lyon : INRP.
Durand, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris P.U.F.
Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding : An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki : Orienta-Konsultit.

Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work : Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work, 14*(1), 133-156.
Fabre, M. (1997). Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation-problème. *Revue française de pédagogie, 120*, 49-58.
Fabre, M. (1999). *Situation-problème et savoir scolaire*. Paris : Presses universitaires de France.
Fabre, M. (2005a). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'éducation pour l'Ère nouvelle, 38*(3), 53-67.
Fabre, M. (2005b). Formation et problématisation. *Recherche et formation, 48*, 5-14.
Fabre, M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris : Vrin.
Fabre, M., & Musquer, A. (2009a). Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle, 42*(3), 111-129.
Fabre, M., & Musquer, A. (2009b). Vers un répertoire d'inducteurs de problématisation. Analyse d'une banque de situations-problèmes. *Spiral-E - Revue de Recherches en Éducation, 43*, 45-68.
Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster, 24*, 28-38.
Fialip-Baratte, M. (2011). Préparations. In B. Daunay (Ed.), *Les écrits professionnels des enseignants. Approche didactique* (pp. 117-140). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). Hommes, artefacts, activité, la perspective instrumentale. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 251-268). Paris : PUF.
Fortin, C. (2004). Travaux Personnels Encadrés ou l'effet causal de l'interdisciplinarité. *Aster, 39*, 61-90.
Fourez, G. (2002). *La construction des sciences : Les logiques des inventions scientifiques*. Bruxelles : De Boeck Université.
Gandit, M., Triquet, R., & Guillaud, J.-C. (2010). Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences expérimentales et en mathématiques : représentations d'enseignants stagiaires de l'IUFM. *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Genève.
Gardes, M.-L. (2013). *Étude de processus de recherche de chercheurs, élèves et étudiants,engagés dans la recherche d'un problème non résolu en théorie des nombres.* Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon.
Giroud, N. (2011). *Étude de la démarche expérimentale dans les situations de recherche pour la classe.* Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble.
Gmrek, M. (1997). *Le legs de Claude Bernard*. Paris : Fayard.
Grangeat, M. (2008). *Le travail collectif enseignant. Comprendre l'activité professionnelle pour concevoir la recherche et la formation* Note de synthèse pour l'Habilitation à Diriger les Recherches USTL-CUEEP, Lille.
Grangeat, M. (2010a). Effets de la confrontation entre enseignants de sciences débutants sur leurs conceptualisations et leurs pratiques en ce qui concerne les démarches d'investigation. Symposium "Le travail collectif enseignant" *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Université de Genève : Genève.
Grangeat, M. (2010b). Les régulations métacognitives dans l'activité enseignante : rôle et mode de développement. *Revue des sciences de l'éducation, 36*, 233-253.
Grangeat, M. (2011a). Des savoirs enseignants : des savoirs-processus en prise avec les acteurs, les dispositifs et les théories. In P. Maubant & S. Martineau (Eds.), *Fondements des pratiques professionnelles des enseignants* (pp. 143-164). Ottawa : Les Presses de l'Université d'Ottawa.
Grangeat, M. (2011b). Le travail collectif enseignant : éléments de modélisation du développement professionnel. In M. Grangeat (Ed.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 79-106). Lyon : Ecole Normale Supérieure de Lyon.

Grangeat, M. (2012a). Symposium Travail collectif enseignant et émancipation : lignes de forces et ruptures *Colloque international Formes d'éducation et processus d'émancipation*. Rennes : CREAD.

Grangeat, M. (2012b). Une modélisation pour identifier les effets du travail collectif dans les enseignements scientifiques fondés sur les démarches d'investigation. *Colloque international "Formes d'éducation et processus d'émancipation", 22-24 mai 2012, Rennes, France*.

Grangeat, M. (2013). Une modélisation pour comprendre l'activité des enseignants de sciences dans les situations de démarche d'investigation In : Symposium « Études didactiques de l'action (des pratiques, de l'activité) de l'enseignant en sciences et technologies. Réflexions sur l'épistémologie des recherches en didactique » *Actes du Congrès international de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Montpellier Université Paul Valéry.

Grangeat, M., & Munoz, G. (2006). Le travail collectif des enseignants : activités de coopération et de partenariat d'enseignants de l'éducation prioritaire. *Formation Emploi, 95*, 75-88.

Grangeat, M., Rogalski, J., Lima, L., & Gray, P. (2009). Comprendre le travail collectif enseignant : effet du contexte de l'activité sur les conceptualisations des acteurs. *Revue suisse des sciences de l'éducation, 31*(1), 151-168.

Grossman, P. L., Wilson, S. M., & Shulman, L. S. (1989). Teachers of substance : Subject matter knowledge for teaching. In M. C. Reynolds (Ed.), *Knowledge base for the beginning teacher* (pp. 23-36). New York : Pergamon.

Gueudet, G. (2010). Travail collectif des professeurs et démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. In C. Loisy, J. Trgalova & R. Monod-Ansaldi (Eds.), *Actes des Journées scientifiques DIES* (pp. 30-37). Lyon : INRP.

Gueudet, G., Bueno-Ravel, L., Forest, D., & Sensevy, G. (2010). Technologies, resources, and inquiry-based science teaching. *A literature review. Deliverable 5.1, Mind the Gap FP7 project 217725*, 28p.

Gueudet, G., Pepin, B., & Trouche, L. (2013). Collective work with resources : an essential dimension for teacher documentation. *ZDM, The International Journal on Mathematics Education, 45*(7), 1003-1016.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education & Didactique, 2*(3), 7-27.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Vers de nouveaux systèmes documentaires pour les professeurs de mathématiques ? In I. Bloch & F. Conne (Eds.), *Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques. Cours de la XIVe école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 109-133). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010a). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In G. Gueudet & L. Trouche (Eds.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 57-74). Rennes et Lyon : Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010b). Genèses communautaires, genèses documentaires : histoires en miroir. In G. Gueudet & L. Trouche (Eds.), *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (pp. 129-146). Rennes et Lyon : Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010c). *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. Rennes et Lyon : Presses Universitaires de Rennes et INRP.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2012). Renouvellement des ressources et de l'activité des professeurs, renouvellement du regard sur une profession *Colloque international "Le travail enseignant au XXIe siècle. Perspectives croisées : didactiques et didactique professionnelle." 16-18 mars 2011*. Lyon : INRP.

Guin, D., Joab, M., & Trouche, L. (2008). *Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006), cédérom, INRP et IREM*. Université Montpellier 2.

Guin, D., & Trouche, L. (1999). The Complex Process of Converting Tools into Mathematical Instruments. The Case of Calculators. *The International Journal of Computers for Mathematical Learning, 3*(3), 195-227.

Guin, D., & Trouche, L. (2008). Un assistant méthodologique pour étayer le travail documentaire des professeurs : le cédérom SFoDEM 2007. *Repères-IREM, 75*, 5-24.

Halbwachs, F. (1981). Significations et raisons dans la pensée scientifique. *Archives de psychologie, 190*.

Hammoud, R. (2012). *Le travail collectif des enseignants en chimie comme levier pour la mise en oeuvre de démarches d'investigation et le développement de connaissances professionnelles.* Thèse de doctorat, Université C. Bernard Lyon 1 - Université libanaise, Lyon.

Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery*. Cambridge : Cambridge University Press.

Hasni, A. (Producer). (2005). L'interdisciplinarité et l'intégration dans l'enseignement et la formation à l'enseignement : est-ce possible et à quelles conditions ? *Séminaire du LIRDEF, 18 mars 2005*. Retrieved from http ://www.crie.ca/Communications/Documents_disponibles/Hasni-Seminaire-LIRDEF-Montpellier-18mars05.pdf

Hasni, A., & Lebeaume, J. (2008). *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique*. Sherbrooke/Lyon : CRP/INRP.

Hersant, M. (2010). Recherche et résolution de problèmes dans l'enseignement des mathématiques : une étude didactique pour identifier les savoirs et les apprentissages possibles. *Colloque international « Les didactiques en questions : état des lieux et perspectives pour la recherche et la formation », Cergy Pontoise, 6-7 octobre 2010*.

Hersant, M., & Orange-Ravachol, D. (2012). La démarche d'investigation, les mathématiques et les SVT : des problèmes de démarcation aux raisons d'une union. In J.-L. Dorier & S. Coutat (Eds.), *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21e siècle-Actes du colloque EMF2012* (pp. 1378–1388). Genève : Université de Genève.

Hersant, M., & Orange Ravachol, D. (2015). Démarche d'investigation et problématisation en mathématiques et en SVT : des problèmes de démarcation aux raisons d'une union. *Recherches en éducation, 21*, 95-108.

Hilbert, D. (1902). *Problèmes futurs des mathématiques*. Paris : Gauthier-Villars.

Hindry, M. (1999). Conjecture. Mathématiques. In D. Lecourt (Ed.), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (pp. 227-229). Paris : PUF.

Honneth, A. (2004). La théorie de la reconnaissance : une esquisse. *La Découverte, 1*(23), 133-136.

Jameau, A. (2012). *Les connaissances mobilisées par les enseignants dans les enseignements des sciences.* Thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale, Rennes.

Jaworski, B. (2004). Grappling with complexity : co-learning in inquiry communities in mathematics teaching developpement. In M. J. Hoynes & A. B. Fugelstad (Eds.), *Proceedings of the 28e Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 17-36). Bergen, Norway : Bergen University College.

Julo, J. (2002). Des apprentissages spécifiques pour la résolution de problème. *Grand N, 69*, 31-52.

Kieran, C. (1990). Cognitive processes involved in learning school algebra. In P. Nesher & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics and cognition. A research synthesis by the international group for the psychology of mathematics education*. Cambridge : University Press.

Lakatos, I. (1984). *Preuves et réfutation. Essai sur la logique de la découverte mathématique*. Paris : Hermann.

Lé Quang, G., & Noirfalise, R. (2008). Les débuts de l'Algèbre au collège ou introduction au calcul littéral. *IREM de Clermont-Ferrand, http ://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/ressources/documents/cdamperes/2les_debuts_de_lalgebre_en_cinqieme.doc (consulté le 29 mars 2016)*.

Lebaud, M.-P. (2012). L'apport du collectif dans les formations aux démarches d'investigation en mathématiques.Symposium Travail collectif enseignant et émancipation : lignes de forces et ruptures. In M. Grangeat (Ed.), *Colloque international Formes d'éducation et processus d'émancipation*. Rennes : CREAD.

Lebaud, M.-P., & Gueudet, G. (2012). Démarches d'investigation et collectifs dans la formation des enseignants. *Espace Mathématiques Francophone*. Genève-Suisse.
Lebeaume, J. (2007). Itinéraires de découverte au collège : des pratiques d'enseignement coordonnées face à des "frontières de verre". In J.-J. Marcel, V. Dupriez, D. Périsset-Bagnoud & M. Tardif (Eds.), *Coordonner, collaborer, coopérer : de nouvelles pratiques enseignantes* (pp. 49-60). Bruxelles : De Boeck.
Lebeaume, J. (2008). Les sciences et la technologie dans l'enseignement obligatoire : curriculums et spécialités enseignantes. In A. Hasni & J. Lebeaume (Eds.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (pp. 17-32). Sherbrooke-Lyon : CRP-INRP.
Lebeaume, J., & Valtat, C. (2007). Voisinage des enseignements et voisinance des pratiques enseignantes au collège. Éléments pour la problématisation du « faire apprendre à plusieurs ». In P. Marquet, N. Hedferassi, A. Jarlegan, E. Parcurar & P. Remoussenard (Eds.), *Actes du congrès international de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Strasbourg.
Legay, J.-M. (1997). *L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode*. Paris INRA.
Legrand, M. (1993). Débat scientifique en cours de mathématique et spécificité de l'analyse. *Repères-IREM, 10*, 123-159.
Lenoir, Y. (2008). L'interdisciplinarité dans l'enseignement scientifique : apports à privilégier et dérives à éviter. In A. Hasni & J. Lebeaume (Eds.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (pp. 17-32). Sherbrooke/Lyon : CRP/INRP.
Leontiev, A. (1984). *Activité, conscience, personnalité* (G. Dupond & G. Molinier, Trans.). Moscou Editions du Progrès.
Leplat, J., & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. In J. Leplat (Ed.), *L'analyse du travail en psychologie ergonomique* (Vol. Tome I, pp. 47-60). Toulouse : Octarès.
Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3e. Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster, 42*, 79-108.
Lhoste, Y. (2008). *Problématisation, activités langagières et apprentissages dans les sciences de la vie* Thèse de doctorat, Université de Nantes, Nantes.
Linn, M. C., Davis, E., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
Lotter, C., Yow, J.-A., & Peters, T.-T. (2014). Building a community of practice around inquiry instruction through professionnal development program. *International Journal of Science and Mathematics Education, 12*, 1-23.
Mach, E. (1908). *La connaissance et l'erreur* (M. Dufour, Trans.). Paris : Ernest Flammarion éditeur.
Maggi, B. (2003). *De l'agir organisationnel. Un point de vue sur le travail, le bienêtre, l'apprentissage*. Toulouse : Octares.
Magneron, n., & Lebeaume, J. (2004). Les élèves et les itinéraires de découverte : entre temps extraordinaire et postures moins ordinaires. *Aster, 39*, 153-172.
Margolinas, C. (2002). Situations, milieux, connaissances : analyse de l'activité du professeur. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot & R. Floris (Eds.), *Actes de la 11ème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques* (pp. 141-156). Grenoble La Pensée Sauvage.
Margolinas, C. (2004). *Points de vue de l'élève et du professeur. Essai de développement de la théorie des situations didactiques.* HDR, Université de Provence, Aix-Marseille.
Markova, I. (2003). Les focus groups. In S. Moscovici & F. Buschindi (Eds.), *Les méthodes des sciences humaines* (pp. 221-242). Paris : PUF.
Martinand, J.-L. (1983). Questions pour la recherche : la référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires. In G. Delacôte & A. Tiberghien (Eds.), *Recherche en didactique de la physique : les actes du premier atelier international* (pp. 227-249). Paris Éditions du CNRS.
Martinand, J.-L. (1995). Observer, agir, critiquer, l'enseignement des sciences expérimentales à l'école primaire. In J. Rosmorduc (Ed.), *La culture scientifique des non-scientifiques. Actes des*

èmes journées Paul Langevin (pp. p13-18). Brest Université de Bretagne occidentale et Dialogues.
Mathé, S., Meheut, M., & De Hosson, C. (2008). La démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia, 32*, 41-76.
Mayen, P. (2007). Quelques repères pour analyser les situations dans lesquelles le travail consiste à agir pour et avec un autre. *Recherche en éducation, 4*, 51-64.
MEN. (1997). Mission du professeur exerçant en collège, en lycée d'enseignement général et technologique ou en lycée professionnel. *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale, 22 du 29 mai 1997*.
MEN. (2002). Programmes d'enseignement de l'école primaire *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale* (Vol. hors-série, n° 1 du 14 février 2002).
MEN. (2006). *Le socle commun des compétences et des connaissances. Décret du 11 juillet 2006* : MEN- DGESCO.
MEN. (2008a). Programmes de l'enseignement de mathématiques du collège *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale* (Vol. spécial, n° 6 du 28 août 2008).
MEN. (2008b). Programmes de l'enseignement de physique-chimie du collège *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale* (Vol. spécial, n° 6 du 28 août 2008).
MEN. (2008c). Programmes de l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre du collège *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale* (Vol. spécial, n° 6 du 28 août 2008).
MEN. (2008d). Programmes de l'enseignement du collège. Introduction commune aux programmes de mathématiques, SPC, SVT et technologie *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale* (Vol. spécial, n° 6 du 28 août 2008).
MEN. (2010). Programme de méthodes et pratiques scientifiques en classe de seconde générale et technologique *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale* (Vol. spécial, n° 4 du 29 avril 2010).
MEN. (2011). Livret personnel de compétences. Grilles de références pour l'évaluation et la validation des compétences du socle commun. Palier 3. *DGESCO*.
MEN. (2012). Les composantes de l'activité professionnelle des enseignants, outre l'enseignement dans les classes. *Rapport IGEN-IGAER*
MEN. (2013). Les compétences professionnelles attendues des métiers du professorat et de l'éducation. *Bulletin officiel du ministère de l'Education nationale, 30*.
Mill, J. S. (1866). *Système de logique déductive et inductive. Exposé des principes de la preuve et des méthodes de recherche scientifique*. Paris : Librairie philosophique de Ladrange.
Monod-Ansaldi, R., & Prieur, M. (2011). *Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie. Rapport d'étude*. Lyon : IFÉ – ENS de Lyon.
Morange, M. (2005). *Les Secrets du vivant. Contre la pensée unique en biologie*. Paris : La Découverte.
Morisse, M. (2011). Les supports de cours : partie visible et invisible du métier de l'enseignant. In B. Daunay (Ed.), *Les écrits professionnels des enseignants. Approche didactique* (pp. 147-174). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
Musquer, A. (2009). Accéder à l'espace problème de recherche des élèves. Le cas de la résolution de problèmes arithmétiques. *Carrefours de l'éducation, 28*(2), 215-228.
Musquer, A. (2011). Les inducteurs de problématisation : une aide pour les enseignants à l'élaboration de situations problème. *Les Dossiers des sciences de l'éducation, 25*, 107-124.
Musquer, A., & Fabre, M. (2010a). Entre recherche et formation des enseignants : travailler dans la zone de développement professionnel. *Recherche en éducation, Hors série 2*, 47-61.
Musquer, A., & Fabre, M. (2010b). Le modèle des inducteurs de problématisation. Etats des lieux et piste de recherche *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*. Genève.
Orange-Ravachol, D. (2003). *Utilisation du temps et explications en Sciences de laTerre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques.* Thèse de doctorat de l'Université de nantes, Nantes.

Orange-Ravachol, D. (2005). Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique en sciences de la Terre chez les chercheurs et chez les lycéens. *Aster, 40*, 177-204.
Orange, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation -Pour l'ère nouvelle, 35*(1), 25-42.
Orange, C. (2005a). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation. Pour l'ère nouvelle, 38*(3), 69-93.
Orange, C. (2005b). Problèmes et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster, 40*, 3-11.
Orange, C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier enseignant. *Recherches en Education, hors-série 2*, 73-85.
Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences : problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles De Boeck, collection « Le point sur, pédagogie »
Orange Ravachol, D., & Beorchia, F. (2011). Principes structurants et construction de savoirs en sciences de la vie et de la Terre. *Education & Didactique, 5*(1), 7-27.
Pastré, P. (1999). L'ingénierie didactique professionnelle. In P. Carré & P. Caspar (Eds.), *Traité des sciences et techniques de la formation* (pp. 403-417). Paris Dunod.
Pastré, P. (2004). Le rôle des concepts pragmatiques dans la gestion de situation problèmes : le cas des régleurs en placturgie. In P. Samurçay & P. Pastré (Eds.), *Recherches en didactique professionnelle* (pp. 17-47). Toulouse Octarès.
Pastré, P. (2005a). Genèse et identité. In P. Rabardel & P. Pastré (Eds.), *Modèles du sujet pour la conception*. Toulouse : Octarès.
Pastré, P. (2005b). La conception de situations didactiques à la lumière de la théorie de la conceptualisation dans l'action. In P. Rabardel & P. Pastré (Eds.), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement* (pp. 73-108). Toulouse : Octarès.
Pastré, P. (2007). Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante. *Recherche et formation, 56*, 81-93.
Pastré, P. (2011a). *La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris PUF.
Pastré, P. (2011b). La didactique professionnelle. Un point de vue sur la formation et la professionnalisation. . *Education Sciences & Society, 2*(1), 83-95.
Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. Note de synthèse. *Revue française de pédagogie, 154*, 145-198.
Pélissier, L., & Venturini, P. (2012). Qu'attendre de la démarche en matière de transmission de savoirs épistémologiques. In B. Calmettes (Ed.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation* (pp. 127-152). Paris : L'Harmattan.
Perrin, D. (2007). L'expérimentation en mathématiques : quelques exemples. *Petit x, 73*, 6-34.
Petitmengin, C. (2013). La microgenèse du Sens et l'expérience d'apprendre *Séminaire international de l'IFE «Sciences de l'Apprendre»*. Lyon : Institut Français de l'Education / Association pour la Recherche Cognitive.
Piot, T. (2005). Le travail entre enseignants hors de la classeà l'école élémentaire : la place des prtaiques informelles. In J.-F. Marcel & T. Piot (Eds.), *Dans la classe, hors de la classe : l'évolution de l'espace professionnel des enseignants* (pp. 105-118). Paris : INRP.
Popper, K. R. (1978). *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot.
Popper, K. R. (1985). *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*. Paris : Payot.
Popper, K. R. (1991). *La connaissance objective*. Paris : Aubier.
Power, M. (2008). *Le concepteur pédagogique réflexif : un journal de bord*. Athabasca, AB : Athabasca University Press.
Prieur, M., & Aldon, G. (2011). Un enseignement co-disciplinaire de la modélisation du cycle du carbone. *Repères IREM, 82*, 23-36.
Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013a). L'hypothèse dans les démarches d'investigation en sciences, mathématiques et technologie : convergences et spécificités disciplinaires des représentations des enseignants. In M. Grangeat (Ed.), *Les enseignants de*

sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe (pp. 59-78). Grenoble : PUG.
Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013b). Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie. *RDST, 7*, 53-76.
Prieur, M., Paindorge, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2016). Les enseignants de sciences et de technologie face aux démarches d'investigation prescrites dans le secondaire. In C. Marlot & L. Morge (Eds.), *L'investigation scientifique et technologique. Repérer les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire* (pp. 79-90). Rennes : Presses Universitaire de Rennes.
Pruvost-Beaurain, J. M. Mathématique. *Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 26 avril 2014. URL : http ://www.universalis-edu.com.acces.bibliotheque-diderot.fr/encyclopedie/mathematique/*.
Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
Rabardel, P. (2005a). Instrument subjectif et développement du pouvoir agir. In P. Rabardel & P. Pastré (Eds.), *Modèles du sujet pour la conception* (pp. 11-29). Toulouse : Octarès.
Rabardel, P. (2005b). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. In P. Lorino & R. Teulier (Eds.), *Entre connaissance et organisation : l'activité collective* (pp. 251-265). Paris : La Découverte.
Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2005). Instruments et systèmes d'instruments. In P. Rabardel & P. Pastré (Eds.), *Modèles du sujet pour la conception, dialectiques activités-développement* (pp. 211-229). Toulouse : Octarès.
Robert, A. (2001). Les recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d"enseignant, Recherches en Didactiques des Mathématiques. *Recherches en Didactiques des Mathématiques, 21*, 27-34.
Robert, A., & Rogalski, M. (2002). Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur des exercices – le double travail de l'enseignant sur les énoncés et sur la gestion de la classe. *Revue Petit x, 60*, 6-25.
Robine, F. (2009). Un renouveau de l'enseignement des sciences. *Revue internationale de l'éducation Sèvres, 51*.
Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le Travail Humain, 57*, 425-443.
Rogalski, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 23*(3), 343-388.
Rogalski, J. (2005). Le travail collaboratif dans la réalisation des tâches collectives. In J. Lautrey & J.-F. Richard (Eds.), *L'intelligence* (pp. 147-159). Paris : Hermès.
Rumelhard, G. (2012). *La biologie, élément d'une culture. Connaître et enseigner le vivant,...pas si simple !* Paris : ADAPT - SNES.
Sabra, H. (2008). *Interaction entre systèmes documentaires personnels et communautaire. Etude dans le cadre du projet e-CoLab.* Mémoire de master HPDS, Université de Lyon, Lyon.
Samson, G., Hasni, A., & Ducharme-Rivard, A. (2012). Constats et défis à relever en matière d'intégration et d'interdisciplinarité : résultats partiels d'une recension d'écrits. *McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill, 47*(2), 193-212.
Samurçay, R., & Rabardel, P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences : propositions In P. Samurçay & P. Pastré (Eds.), *Recherches en didactique professionnelle* (pp. 163-180). Toulouse Octarès.
Sanchez, E., & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Education & Didactique, 9*(2), 21-42.
Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique conjointe. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 13-49). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Shaaban, E. (2014). *The Interactions between Resources, Particularly Digital Resources, and Biology Teachers' Conceptions during their Documentary Work.* Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université Libanaise, Beyrouth, Lebanon.

Shulman, L. (1986). Those who understand : knowledge growth in teaching. *Educational researcher, 15*(2), 4-14.

Simard, A. (2007). *Mentors.Uqam.ca : rapport de développement d'une méta-ressource d'encadrement étudiant par Internet et élaboration d'un guide de réalisation de programmes de cybermentorat.* Thèse de doctorat, Université du Québec, Montréal

Theureau, J. (2006). *Le cours d'action : Méthode développée*. Toulouse Octarès.

Tiercelin, C. (1999). Induction. Logique. In D. Lecourt (Ed.), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (pp. 506-511). Paris : PUF.

Valot, C. (2006). *Conférence sur la métacognition, séminaire doctoral de didactique professionnelle, CNAM, Paris*.

Vause, A. (2009). Les croyances et connaissances des enseignants à propos de l'acte d'enseigner. Vers un cadre d'analyse. *Les cahiers de recherche en éducation, 66*.

Vergnaud, G. (1988). Long terme et court terme dans l'apprentissage de l'algèbre. *Premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique* (pp. 188-199). Grenoble : La pensée sauvage.

Vergnaud, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. In J.-M. Barbier (Ed.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 275-292). Paris : PUF.

Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation en formation initiale et en formation continue*. Paris ESF.

Vygotski, L. S. (1930). La méthode instrumentale en psychologie. In B. Schneuwly & J. P. Bronckart (Eds.), *Vygotsky aujourd'hui* (pp. 39-47). Paris : Delachaux et Niestlé.

Wenger, E. (2005). *La théorie des communautés de pratique* (F. Gervais, Trans.). Montréal, Canada : Presses Université Laval.

Zask, J. (2011). *Participer. Essai sur les formes démocratiques de la participation*. Lormont : Le bord de l'eau.

Annexes

1. Questionnaires

1.1. Questionnaire initial

Les niveaux dans lesquels vous avez déjà enseigné *

- Collège
- Lycée
- Autre : ……..

B- Votre réseau professionnel

Au sein du collège, quels sont les collègues (en dehors de ceux du projet) avec qui vous partagez des idées ou des documents pour préparez vos cours ? Précisez leur prénom ainsi que leur discipline.*

…… / ……..

…… / ……..

…… / ……..

…… / ……..

…… / ……..

…… / ……..

Avez-vous déjà travaillé avec les collègues engagés dans le projet? *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

Si oui, avec qui et pour faire quoi ? Selon quelles modalités (réunion organisée, informelle, à distance, ..)? *

Avec qui	Objet	Modalités

Appartenez-vous à un réseau, un mouvement, une association, ... professionnel(le) ? Précisez le(les)quel(s) et ce que vous apporte cette(ces) appartenance(s) pour votre enseignement. *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

Si oui, merci de préciser : ……..

Quels sont les apports en lien avec votre enseignement :

……

……

……

Travaillez-vous ou échangez-vous avec d'autres collègues que ceux cités dans les questions précédentes ? Si oui, dans quel contexte ? Pour faire quoi ? Selon quelles modalités ? *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

Si oui, avec qui et pour faire quoi ? Selon quelles modalités (réunion organisée, informelle, à distance, ...)? *

Dans quel contexte	Objet	Modalités

Avez-vous déjà préparé une même séance d'enseignement à plusieurs ? *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

Si oui, pouvez-vous préciser la fréquence, le contexte et l'intérêt que vous avez eu à ce travail collaboratif.*

Avez-vous un compte Google? *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

Utilisez vous Google document ou Google drive? *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

Avez-vous un compte dropbox? *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

C- Vos ressources

Quelles sont les ressources que vous utilisez pour préparer vos cours ? *

	Très régulièrement	Régulièrement	Parfois	Jamais
Bulletin officiel Documents d'accompagnement	●	●	●	●
Sites académiques Sites personnels D'enseignants	●	●	●	●
Sites associatifs	●	●	●	●
Sites scientifiques	●	●	●	●
Wikipédia	●	●	●	●
Manuels scolaires Livres du professeur Séances d'autres collègues Documents issus de stage, de formation	●	●	●	●

Autres ressources utilisées pour préparer ses cours

Si oui, merci de préciser : ……..

D- A propos du projet

Pour chaque niveau dans lequel vous enseignez, environ combien de fois dans une année proposez-vous des situations,des problèmes, qui, selon vous, permettent aux élèves d'élaborer des hypothèses (sciences) ou des conjectures (maths)? *

Nombre de fois par an par niveau :

……..

……..

……..

Avez-vous suivi, depuis les derniers programmes de 2008, une formation en relation avec les démarches d'investigation ou la résolution de problème ? *

OUI

NON

Rayer la mention inutile

Si oui, en une phrase, qu'en avez- vous retiré ? *

.....

Quelles sont les motivations qui vous ont poussé à vous engager dans ce projet ? Qu'en attendez vous *

Envoyer

1.2. Questionnaire de régulation

Ce questionnaire contribue au bilan du projet. Si nécessaire, vous pouvez dans une réponse faire référence à la réponse donnée dans une autre question en indiquant le numéro de la question. Merci pour votre implication !

1. Ce que la participation au projet vous a apporté

Exprimez pour chaque point suivant au moins une idée forte ou/et une ressource susceptible d'impacter vos pratiques

1.1 pour comprendre la place et le rôle des hypothèses ou des conjectures dans les démarches scientifiques *

1.2 sur le travail de préparation nécessaire pour engager les élèves dans l'élaboration

d'hypothèses ou de conjectures *

1.3 sur la façon de conduire la classe pour engager les élèves dans l'élaboration hypothèses ou de conjectures *

1.4 sur le plan personnel *

1.5 autre

2. Votre ressenti sur le projet

2.1 Décrivez les difficultés que vous avez pu ressentir dans ce projet * (quoi ? quand ? pourquoi selon vous ?). Plusieurs idées peuvent être exprimées

2.2 Décrivez les satisfactions que vous avez pu ressentir dans ce projet * (quoi ? quand ? pourquoi selon vous ?). Plusieurs idées peuvent être exprimées

3. Un groupe constitué de trois disciplines différentes

3.1 Décrivez en quoi cela a pu être pour vous une source de difficulté

3.2 Décrivez en quoi cela a pu être pour vous une source de richesse

3.3 A l'issu du projet, avez-vous l'impression de partager certaines choses avec les autres membres du groupe ? Décrivez ce qui vous semble partagé. *

3.4 Quelles similitudes ou différences ressentez-vous entre les hypothèses en sciences expérimentales et les conjectures en mathématiques *

4. Rôle et place au sein du groupe

4.1 Décrivez l'organisation du groupe tel que vous l'avez ressenti cette année * Vous pouvez vous exprimé sur la place, le rôle, les apports spécifiques....de chacun au sein du groupe

4.2 Décrivez, de votre point de vue, les apports de Michèle dans le projet *

5. Le dispositif

5.1 Ce qui a contribué à votre réflexion au sein du groupe cette année *

	tout à fait d'accord	plutôt d'accord	plutôt pas d'accord	pas du tout d'accord
les réunions collectives	●	●	●	●
les repères identifiés	●	●	●	●
les commentaires apportés par mes collègues sur mon travail de préparation	●	●	●	●
les réponses que j'ai apportées aux commentaires	●	●	●	●
les observations de mes collègues	●	●	●	●

5.2 Ce qui a contribué à l'élaboration de votre travail de préparation *

	tout à fait d'accord	plutôt d'accord	plutôt pas d'accord	pas du tout d'accord
les réunions collectives	●	●	●	●
les repères identifiés	●	●	●	●
les commentaires apportés par mes collègues sur mon travail de préparation	●	●	●	●
les réponses que j'ai apportées aux commentaires	●	●	●	●
les observations de mes collègues	●	●	●	●

5.3 Décrivez en quoi ces éléments du dispositif ont contribué à votre réflexion ou/et à l'élaboration de votre travail de préparation *

2. Les métaressources disciplinaires (MRD)

2.1. Aide à la lecture des MRD

Le code couleur utilisé est le suivant :

- **Rouge** : ce qui est apporté par le chercheur
- Noir : ce qui est écrit par le professeur concepteur
- Bleu : les commentaires et fils de discussion engagés à partir d'un commentaire.

L'insertion des commentaires est repéré dans le texte par la lettre « **C** » et par un numéro donnant l'ordre des commentaires.

2.2. Les MRD de Mathieu

2.2.1. Les MRD de la situation S de Mathieu et Mathilde

2.2.1.1. MRDétape $_1$ de Mathieu

Auteur principal : Mathieu et Mathilde
Niveau : Cinquième
Thème du programme : Initiation au calcul littéral

Séance telle que vous l'avez réalisée l'année dernière pour traiter cette partie du programme : mettre tous les documents à disposition dans votre dossier (document de préparation, fiche élève, ...)

Le fichier déposé dans la section «documents seances annees 2011-12» se rapproche beaucoup d'une formulation que j'ai déjà utilisée par le passé, en classe de cinquième, pour aborder le calcul littéral.

Malheureusement, je ne retrouve pas la formulation exacte (perdu mon fichier, ...)

L'idée principale était qu'à partir d'exemples «petits«, on pouvait, grâce aux lettres, généraliser et établir une formule. L'activité était très guidée et la nécessité d'utiliser une formalisation pour généraliser n'était pas mise en valeur.

C'est à ce niveau que je situe la conjecture.

Autres ressources mobilisées : *lister ci-dessous, au fur et à mesure, toutes les ressources que vous utilisez pour réaliser ce travail de préparation :*
- manuel scolaire (édition, classe, pages)
- site Internet (lien)
- documents issus de formation,

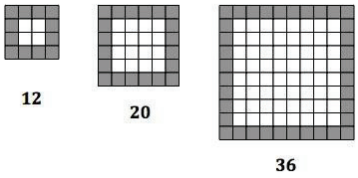
Repères utilisés	Description du travail de préparation permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
Les objectifs pédagogiques Le programme	Dans le programme de cinquième, déposé aussi dans ma section (page 19 pour la classe de cinquième), le calcul littéral est une petite partie. C'est le tout début. Les élèves ont déjà utilisé les lettres dans un calcul, exclusivement pour établir (et surtout apprendre) des formules comme A = L × l (certainement déjà vue en primaire) ou p = 2 × Pi × r (A cette occasion on explique succinctement la différence entre le rôle de la lettre r qui remplace le rayon (variable) et la lettre Pi (qui remplace un nombre qu'on ne peut pas écrire autrement). Les objectifs de ce chapitre sont essentiellement de voir les différents rôles de la lettre dans un calcul et de travailler la substitution (que vaut 3x + 2 pour x=3) au service éventuellement de la recherche de la solution d'une équation (on se contentera de vérifier qu'une valeur est solution ou pas d'une équation). Enfin, on commencera à réduire une expression littérale : (2☐ + 3☐ = 5☐)

1.2 Expressions littérales (thèmes de convergence)	Utiliser une expression littérale. Produire une expression littérale.	De nombreux thèmes du programme, notamment dans le domaine grandeurs et mesures, conduisent à utiliser des expressions littérales (formules).
2.4 Initiation à la notion d'équation	*- *Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques.*	Une attention particulière est apportée à l'introduction d'une lettre pour désigner un nombre inconnu dans des situations où le problème ne peut être facilement résolu par un raisonnement arithmétique. *Les programmes du collège prévoient une initiation progressive à la résolution d'équations, de manière à éviter la mise en œuvre d'algorithmes dépourvus de véritable sens.* **La classe de cinquième correspond à une étape importante avec le travail sur des égalités vues comme des assertions dont la vérité est à examiner.* La notion d'équation ne fait pas partie du socle commun.

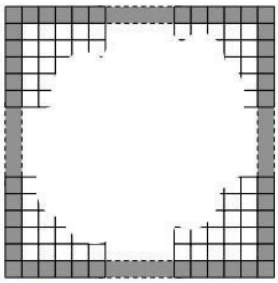
La séance

Le calcul littéral est un domaine des mathématiques très transversal au collège: il est repris chaque année avec des exigences en plus. Le début se déroule en cinquième.

	Le calcul littéral pose souvent problème aux élèves. Ils sont toujours déstabilisés par cette idée (quand ils la comprennent) qu'une lettre remplace n'importe quel nombre, que je peux faire des calculs avec, sans connaître la valeur que j'attribue à la lettre et surtout qu'un résultat peut être exprimé avec une lettre (2☐ + 3☐ = 5☐) L'objectif de la séance est donc l'initiation au calcul littéral. Il s'agit de montrer aux élèves l'aspect pratique de l'utilisation de la lettre pour généraliser. L'idée de «quel que soit...«. Dans une formule, la lettre remplace n'importe quel nombre. L'activité proposée doit obliger les élèves à se questionner sur la généralisation et à ressentir la nécessité de formaliser cette généralisation.
Les pré-requis	Peu de pré-requis très développés pour cette activité. Le vocabulaire : carré, quadrillage, carreau, contour, côté Cette activité ne fait pas appel aux connaissances des élèves sur le calcul littéral (puisqu'il s'agit d'une initiation), mais elle ne fait pas appel non plus aux quelques occasions que les élèves ont déjà eu de rencontrer des lettres dans les calculs (A = L × l). Ce qui est en jeu dans cette activité, c'est la simple compréhension de mots simples, et **C1** surtout la prise d'initiative. **C1** **Fiana :** Après lecture et commentaires de ma part, je ne vois pas votre activité comme «la simple» compréhension et je ne vois pas de quels mots «simples« vous parlez car justement ce qui est orignal c'est que dans le 1er doc, il n'y a pas de mots!! **Mathieu :** Ce que je voulais dire, c'est que contrairement aux réunions que nous avons eu ensemble, il n'y a pas beaucoup de pré-requis pour cette activité. Tu as bien raison, il n'y a pas de mots puisqu'il n'y a pas de question dans un premier temps. Quand arrive la question, je ne pense pas qu'il y ait beaucoup d'obstacle à sa bonne compréhension. (peu de vocabulaire) **Filomène :** J'ai du mal à imaginer ce qu'un élève va penser de ces trois carrés. Vous vous attendez à quelles réactions de leur part et surtout à quel type de questionnement? J'ai plus le sentiment qu'ils vont s'attarder sur le contour que sur le nombre total de carreaux... Comment allez-vous annoncer la question ensuite? Si les élèves ont trouvé d'autres questionnements que celui attendu qu'allez-vous faire? (du type: on a ajouté 2 lignes/2colonnes au 2nd dessin et 4 lignes/4 colonnes sur le 3ème comment le nombre de carreau sur le contour est modifié? ou encore et si on faisait la suite et on rajoutait 8ème lignes et 8ème colonnes?)
Le scénario	Nous pensons proposer, dans un premier temps, un problème sans question, puis, après un travail d'abord **C2** individuel puis en groupe sur ce problème sans question, une question qui oblige les élèves à reprendre leur premier travail. Le travail de groupe est une pratique inégalement répartie chez les profs de maths (contrairement, je pense, aux SVT et SPC) qui peut parfois apporter un enrichissement dans certaines activités. Le problème sans question:



La question : Nous pensons jouer sur la curiosité avec le problème sans question.



Il y a 356 carreaux gris sur le contour de ce carré.
Indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré.

C2
Fiana :

1-je trouve intéressante l'idée d'un travail sans question mais comment présentez-vous ce document. Vous distribuer une photocopie puis vous dites quoi.

2- Qu'attendez-vous comme travail des élèves ? une phrase, un coloriage, un nombre, une conjoncture

Mathieu :

L'idée du problème sans question vient plus de Mathilde. C'est une idée qui vient aussi de nos stages GFEN et qui me plaît bien. Notre rôle sera un peu différent par rapport à d'habitude. Je m'attends à devoir remotiver les élèves pour qu'ils dépassent le stade de la déstabilisation. Sur ce que je dois dire, je pense improviser mais en parler avant avec Mathilde qui a quelques idées.

A priori, je pense qu'il n'y a pas grand-chose à dire. Il s'agit plus d'une posture à avoir. Je veux juste qu'ils mettent en cohérence le nombre et le dessin, et qu'ils partagent pour comprendre. Il y aura à ce moment quelques hypothèses sur l'explication des nombres...

Mathilde :

je pense déjà prévenir les élèves la séance précédente que nous ferons une activité déconnectée du sujet sur lequel on sera et qui va leur permettre d'aller un petit plus loin en algèbre.

En distribuant le doc, je dirai:

«prenez 2 minutes pour y penser seul, et ensuite vous aurez tout le temps de partager vos questions avec vos camarades.»

Puis, s'ils demandent:

	«mais qu'est-ce qu'on doit faire?!» des exemples de réponses: «-qu'en pensez-vous?» «-qu'est-ce que çà raconte?» «-imaginez». On espère que ce document sans mot permette aux élèves de se focaliser sur les nombres donnés et qu'ils les mettent en lien avec le dessin, constatent qu'ils correspondent aux nombres de carreaux gris du contour. Après, ils pourront peut-être s'interroger sur le fait qu'il y ait 3 carrés de taille de plus en plus grande et faire le lien avec les nombres qui augmentent. On n'attend pas qu'ils aient l'idée de compter le nombre de carreaux sur le côté. Cette phase ne doit durer pas plus de 7 minutes en tout (individuel+ groupes), ensuite, on distribue dans les groupes la question.
L'aide	L'aide à apporter pendant l'activité est en cours d'élaboration. Il faudra d'abord remotiver les élèves qui risquent d'être déstabilisés devant un problème sans question. Les mots prononcés seront importants. Toutes les démarches devront être encouragées. Nous pourrons proposer de dessiner d'autres cas.
Le choix du problème	Ce problème a été choisi pour coller le plus possible au sujet d'étude : favoriser l'émergence d'une conjecture **C3**. L'activité de départ favorise, à mon sens, cela. Cependant elle est trop guidée et limite énormément la prise d'initiative. D'où les aménagements, d'inspiration «construction socio-cognitive du savoir« (GFEN). Nous avons beaucoup réfléchi au contexte. Dans un premier temps, pour donner du sens à notre problème, nous avons pensé à construire un contexte, et nous pensions parler de mosaïque sur le sol d'une pièce du château de Versailles (...), et nous avons abandonné cette idée pour finalement proposer un problème dépourvu de contexte **C4**. **C3** **Fiana :** je trouve la situation très complexe si c'est pour «initier le calcul littéral» les hypothèses sont plus sur la mise en équation d'un problème qui demande certes un calcul littéral mais pour valider l'hypothèse il faut mettre en équation le prob, donc je ne sais pas si c'est réellement une initiation au calcul littéral ou une initiation à la mise en problème. je fais une différence entre le calcul littéral et la mise en équation : je ne sais pas si cette différence est pertinente?! En tout cas merci pour le problème car j'ai bien mis 10 minutes pour trouver l'équation !!

	Mathieu : Comme c'est bien dans le contexte de l'initiation au calcul littéral que nous proposons cette activité, nous n'attendons pas de dextérité experte ni de mise en équation (pas au programme en cinquième), mais juste des idées sur le procédé qui permet de passer du nombre de carreaux sur le côté au nombre de carreaux sur le contour. Cette activité nous permet bien d'introduire le calcul littéral car nous allons montrer aux élèves que l'utilisation de la lettre permet d'expliquer de façon plus claire et plus concise ce procédé. **Filomène :** A quel moment comptez-vous introduire la lettre? Certains élèves vont arriver à la «réponse finale« sans pour autant avoir la nécessité d'utiliser une lettre. Et dans ce cas à quoi sert-elle? **Mathieu :** Si les élèves s'en sortent sans utiliser la lettre (ou son idée), ils seront nécessairement passé par une espèce de généralisation que je demanderai de formaliser. **C4** **Fiana :** je confirme que je suis entrée à fond dans l'activité même s'il n'y a pas de contexte !! je ne suis pas sûre que les élèves en aient besoin. **Mathieu :** C'est cool alors. **Filomène :** C'est vrai qu'elle est franchement originale cette situation et on se prend au jeu rapidement!

Complément apporté par Mathilde dans la MRD, sous le cadre de description du chercheur
« Mathieu et moi avons conçu le fond de la séance ensemble, cela dit, il a rempli le canevas de la séance de son côté, mais comme je le rejoins sur tous les points, je n'ai pas jugé bon de tout réécrire ici.
C'est pourquoi, je vais uniquement préciser certains points, notamment sur « comment amener la lettre? »
En effet, dans le programme de 5ème, il est écrit: « tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques.»
Une hypothèse que certains élèves peuvent faire:
- le nombre de carré du côté est égal au nombre de carré gris divisé par 4.
Egalité qu'ils peuvent invalider en la testant sur les 3 carrés du début. Le fait de tester un carré suffit pour invalider leur hypothèse et le fait de tester sur les 3 carrés peut leur permettre de réajuster leur égalité de prévision (en constatant que 12 : 4 = 3 et on devrait obtenir 4, 20 : 4 = 5 alors qu'on devrait avoir 6, et enfin 36 : 4 = 9 alors qu'on devrait tomber sur 10), en ajoutant 1 à leur formule. On pourra leur demander

si cette procédure marche à chaque fois. Ils pourraient essayer de la tester encore sur un autre exemple pour montrer la vérité de la formule **C5** quel que soit le nombre de carreaux sur le côté.
Ensuite, il faudra inviter les élèves à retranscrire les mots par des opérations en utilisant peut-être la raison: pour être plus court.
On pourrait obtenir: nombre de carreau sur le côté = nombre de carreaux gris : 4 + 1
Et en convenir avec les élèves que c'est long d'écrire: « nombre de carreaux.. » et qu'il serait plus commode d'utiliser une lettre, et la choisir avec eux.
Je terminerai bien la séance en mettant accent sur le vocabulaire pour que celui-ci devienne moins un obstacle, par exemple en projetant aux élèves différents exemples de formulations du problème tel qu'il pourrait être posé dans un examen national: « trouve le nombre de carreaux sur le côté du carré en fonction du nombre de carreaux gris. » ou encore « quel est le nombre de carreaux sur le côté quel que soit le nombre de carreaux gris? ». »

C5

Billy :

L'activité me parait sympathique et je suis curieux de la voir se dérouler devant les élèves.

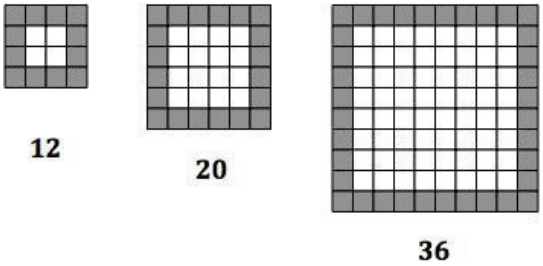
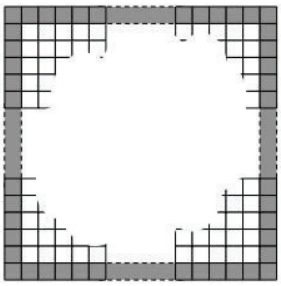
J'observe que celle-ci demande beaucoup d'autonomie pour les élèves (pas de problème posé, stratégies différentes par lesquelles ils peuvent passer,...) et cela me parait un peu ambitieux pour certains élèves donc j'attends des détails sur les aides prévues vis à vis des hypothèses qui peuvent être formulées par les élèves.

Par ailleurs je ne comprends pas ce choix de ne pas faire émerger de problème au départ de l'activité. Au cours de nos réunions, nous étions plutôt d'accord pour souligner son importance dans l'établissement d'une démarche scientifique. Donc: simple provocation ou réel intérêt stratégique pour l'établissement d'hypothèses ???

Mathieu :

Ce que tu racontes est vrai, mais nous ne nous en sommes pas préoccupé; certainement parce que le problème de départ est très artificiel, très mathématique et n'a pas un contexte lié à la réalité (j'ai d'ailleurs expliqué notre cheminement sur le contexte proche de la réalité, et nous avons abandonné cette idée).

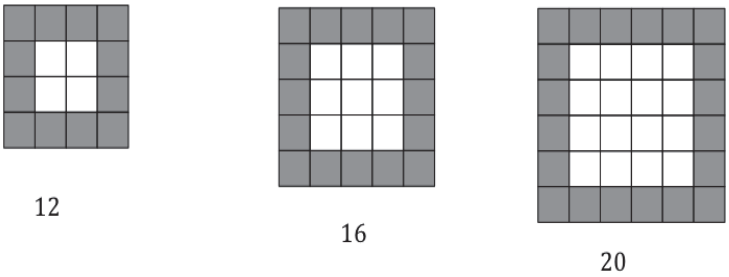
2.2.1.2. *MRD$_{étape\ 2}$ de Mathieu*

Repères utilisés	Description du travail de prévision permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
Le scénario	Suite aux échanges et aux commentaires, nous avons modifié un peu la formulation et affiné le timing de l'activité. Nous avons aussi listé des phrases pouvant inciter les élèves à se mettre au travail, à ne pas rester démunis devant le problème sans question. Je les indique entre guillemets. **Le problème sans question:**  *5 minutes seul* «Prenez deux minutes pour y penser« «Alors?» «Vous en êtes où?» «Qu'en pensez-vous?» «Qu'est-ce que ça raconte?» *5 minutes à deux* «Echangez avec votre voisin» «Vous êtes d'accord?» «Vous avez compris la même chose?» **Une question pour 4 :** 30 minutes avec l'affiche  Il y a 356 carreaux gris sur le contour de ce carré. Indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré. Le texte sera remplacé par: Il y a 356 carreaux sur le contour de ce carré. Combien y a-t-il de carreaux sur le côté de ce carré? Après l'avoir vérifiée sur les premiers dessins, explicite la méthode utilisée sur l'affiche. «Inspirez-vous du premier document.» «Vous avez un moyen de vérifier?»

	L'idée principale de la modification du texte **C1** est que d'abord, les élèves ont quelque chose à chercher: «combien ...?» La mise au travail me paraît plus facilitée. Ensuite la demande d'explicitation de la méthode est plus claire : les élèves sont invités à faire un lien avec le problème sans question. **Retour sur les affiches:** 10 minutes ou séance suivante **C1** **Filomène :** Vous avez bien fait de modifier le texte. Le mot «stratégie» risquant de déstabiliser certains élèves. **Mathilde :** Oui c'est suite à une discussion avec Fiana **Fiana :** Zut alors on ne s'est pas bien compris avec Mathilde le mot stratégie est surprenant pour moi mais dans votre démarche je le comprends dans l'idée que ce n'est pas la réponse qui vous intéresse mais la méthode et je trouve que votre modification casse cette dynamique car on revient à la bonne vielle question habituelle du prof de maths,« faire trouver un chiffre aux élèves », certes pour les élèves c'est plus facile car c'est l'habitude! J'enlèverai la question «Combien ....» et «après l'avoir vérifiée sur les premiers dessins» qui guident les élèves (je garderai cette remarque pour la remédiation) je garderai seulement «Il y a 356 carreaux sur le contour de ce carré. Comment peut-on faire pour connaître le nombre de carreaux sur un côté du carré ? **Mathilde :** Merci Fiana pour ta remarque! c'est vrai qu'on s'est éloigné de ce qu'on avait initialement en tête. Donc finalement, est-ce que tu placerais quelque part: «faites une proposition de méthode..?» **Fiana :** Vous avez réfléchi à vos interventions orales auprès des élèves et je suis surprise de ne pas voir le mot conjoncture ou hypothèse. Je pense que conjoncture est peut-être trop compliqué mais hypothèse, proposition pourraient le remplacer. Pourquoi n'avez-vous pas proposé «Faites une proposition de méthode qui permet de trouver le nombre de carreaux sur le côté». Je trouve cela important car on fait ainsi sentir aux élèves que ce n'est pas une réponse juste ou fausse comme à un contrôle qu'on attend mais quelque chose qui peut être critiquée, analysée. Voilà ma remarque **Commentaires envoyé par messagerie à propos de cette 2eme version par Billy :** ok pour moi

2.2.1.3. *MRD$_{étape3}$ de Mathieu*

Repères utilisés	**Description de mon travail de préparation permettant de construire une séance qui permette d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures** *Celui-ci doit être compris par tous*
Cibler un thème, une connaissance	Comme la séance de l'année dernière s'adressait à des cinquièmes et que je n'ai que des sixièmes, je vais la reconduire mais en l'adaptant pour des sixièmes. C'est important de vous en rappeler quand vous commenterez car je suis un peu «coincé» par cela. Le calcul littéral n'est pas au programme de sixième; je décide donc d'utiliser ce problème comme un «simple« problème de recherche éventuellement pour préparer l'initiation au calcul littéral de cinquième, une sorte de défi. Je ne reprendrai pas cette activité dans la suite du programme. Je n'ai pas besoin de pré-requis pour ce problème. **C1** **C1** **Fiana :** je réagis sur «simple problème de recherche» Est-ce que cette activité va faire formuler des hypothèses aux élèves ? Ou Est-ce que cette recherche fait élaborer des solutions ? Ta remarque sur la ligne d'en dessous me met aussi dans le doute car en effet c'est super intéressant« les problèmes ouverts » mais Est-ce que les élèves y font des hypothèses ? lire le commentaire suivant il est en lien. **Mathieu :** Effectivement, je ne suis pas sûr que les élèves émettent une conjecture au sens où on l'entend. Ils font une proposition de réponse. Mais dans la généralisation, (puisqu'ils sont obligés d'en passer par là pour des grands nombres), ils formulent inconsciemment l'hypothèse qu'on calcule en faisant «nombre de carreaux sur le côté X 4« par exemple. **Mathilde :** En fait les élèves ont des difficultés à aller où l'on veut car en réalité ce problème vise 2 connaissances : la généralisation d'une formule (2014 x 4 - 4) et le calcul littéral (N x 4 - 4) C'est donc un double obstacle pour eux.
Choisir un	Le choix de ce problème n'en est pas véritablement un. **C2**

problème	**C2** **Fiana :** je ne comprends pas bien cette phrase **Mathieu :** Je ne fais que reprendre le problème proposé l'année dernière. C'est ce que je voulais dire. L'intérêt sera de faire travailler les élèves en groupe sur un problème ouvert. **C3** **C3** **Fiana :** Pour moi avant de développer le scénario j'aimerais que tu proposes une formulation d'hypothèse possible sur la notion/connaissance/concept de calcul littéral (et cela même s'il est abordé par des élèves de 6ème) ? je suis perdue par ce problème ouvert, je pense que c'est un type d'activité très intéressante pour motiver les élèves et les impliquer mais est-ce que c'est ce qu'il y a de plus pertinent pour faire formuler des hypothèses, je commence à douter ?
Le scénario	**Etape 1:** en groupe de 4 (15') Je souhaite conserver l'idée du problème sans question. **C4** J'ai envisagé de donner 3 carrés «consécutifs» :  12 16 20 **C4** **Mathilde :** Pour en avoir parlé avec Fiana, je pense maintenant que c'est une perte d'énergie pour eux, c'est-à-dire qu'ils vont passer du temps et de la concentration pas sur ce qu'on veut. Donc je donnerai le même doc que l'année dernière, en ajoutant la question: «quel est le nombre de carreaux gris sur un carré de côté 2014 carreaux?» De plus, je pense que c'est important d'écrire le vocabulaire au tableau en

légendant les dessins: nombre de carreaux sur un côté et nombre de carreaux gris.

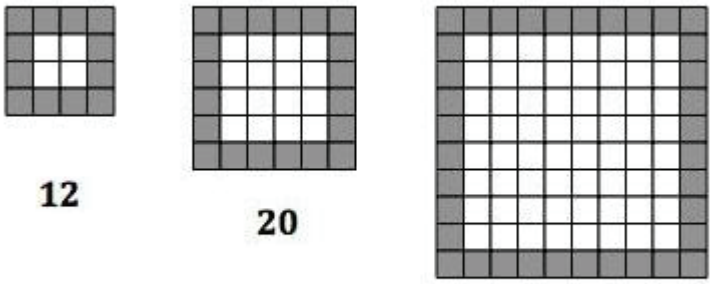
Mais j'ai peur d'induire une méthode pour la suite. Qu'en pensez-vous? **C5**

C5

Mathilde :

Oui je pense que c'est mieux qu'il n'y ait pas de suite logique.

Sinon, je reprends le même document que l'année dernière:



12 20 36

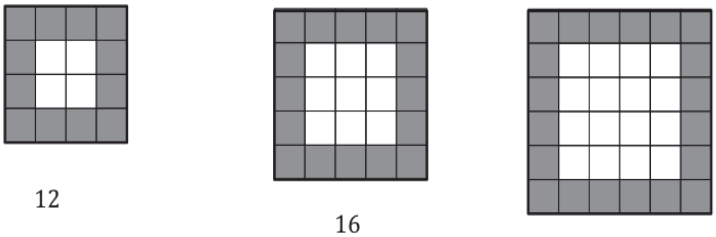
Je peux encore leur proposer de retrouver 1 ou 2 nombres : **C6**

C6

Mathilde :

trop guidé, tu induis déjà la procédure qui consiste à compter.

tu peux peut-être t'en garder un en aide à ceux qui galèrerait.



12 16 .....

Etape 2 : collectif (10')

Par rapport à l'année dernière, l'enseignement principal, c'est que je n'avais pas fait de réelle mise en commun sur cette étape. Je compte le faire en demandant à chaque groupe de briefer un de leur camarade pour raconter ce que le groupe a compris. Je ferai parler les 4 «rapporteurs«.

Je voudrais faire émerger une problématique liée à la dépendance entre le nombre de carreaux sur le côté du carré et le nombre de carreaux gris.

Les connaissances	**Etape 3**: en groupe de 4 (le reste ...!!) Je pose une question au tableau : Combien de carreaux gris y a-t-il sur un carré de côté 2014 carreaux? Et pour un nombre de carreaux quelconque sur le côté du carré? **C7** (je ne veux pas qu'ils aient l'idée-même de dessiner puis compter) **C7** **Fiana :** je poserais cette question à une autre séance déjà que les élèves travaillent sur la mise en formule avec un exemple précis tu as de quoi faire car pour chaque formule il faudra la tester et donc faire appel à nouveau aux premiers exemples Et je trouverai intéressant aussi de faire découvrir les 3 exemples maintenant et pas avant et de commencer donc par la question en la contextualisant si on veut dans une situation pratique **Mathilde :** et que dis-tu aux élèves qui restent sur 2014 x 4 - 4 quand tu passes à la généralisation? Peu de connaissances sont requises ici. Je ne pense pas que les élèves évoquent le périmètre ou l'aire. Je vais tout faire pour l'éviter, notamment en leur présentant cette activité comme une activité complètement décontextualisée, un défi **C8**, un problème pour chercher, comme dans le rallye mathématiques. **C8** **Fiana :** je trouve suffisante et intéressante cette idée de défi pour mobiliser les élèves sur cette question il n' y a pas à dire le problème sans question est très intéressant mais je ne pense pas qu'il facilite l'objectif de faire faire des hypothèses Pour moi ce que tu écris à partir de l'étape 3 suffit pour une séance de cours de 55 min faisant travailler les élèves sur le concept de « formules mathématiques »

Anticiper les conjectures pour pouvoir proposer des aides	Je pense (et j'espère?...) trouver des multiplications par 4. J'inciterai alors les élèves à vérifier sur les 3 premiers exemples. J'espère que des élèves oseront exprimer leurs idées sous forme de calculs qui ressemblent à des formules. Pour les y inciter, je cherche un prétexte du style: «vous devez expliquer votre résultat à un élève chinois en lui envoyant votre affiche» **C9** **C9** **Mathilde :** maintenant, je crois que l'on ne peut pas leur demander d'arriver à une formule du type: N x 4 - 4 , que c'est trop d'objectifs à la fois. Le but visé s'arrêterait à : le nombre de carreaux sur le côté x 4 - 4, mais sur la forme ne pas en attendre trop.

2.2.2. MRD' de la Situation S' de Mathieu

Auteur : Mathieu
Niveau : Cinquième
Thème du programme : Géométrie. Définition des objets (cercle). Aire et périmètre

Autres ressources mobilisées : *lister ci-dessous toutes les ressources que vous utilisez pour réaliser ce travail de préparation :*
- site Internet (lien)

http://matoumatheux.ac-rennes.fr/classe/acr/cercle1.htm

http://ekladata.com/zzTmn-RFGvgj0CQLdDQpFzkna_w.pdf

https://irem.univ-lille1.fr/activites/spip.php?article74

http://mathadoc.sesamath.net/Documents/college/6eme/6aireperi/f8aire.PDF

http://histoiredechiffres.free.fr/histoire%20notations/pi.htm#comment

Repères utilisés	Description de mon travail de préparation permettant de construire une séance qui permette d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
Cibler un thème, une connaissance	Pour engager les élèves dans l'élaboration d'une conjecture, j'ai choisi de les faire travailler sur le calcul du périmètre du cercle. Au collège, c'est principalement en géométrie qu'on trouve des occasions de travailler la conjecture. J'entrevois déjà quelques difficultés: - La confusion périmètre et aire - L'idée n'est pas évidente du tout pour un enfant de 12 ans, qu'il existe une formule qui donne le périmètre d'un cercle. - La conjecture se décompose ainsi: le périmètre est proportionnel au diamètre, et le rapport est 3,14 Les élèves n'auront pas retravaillé la proportionnalité.**C1** **C1** **Fiana :** je ne comprends pas bien si dans la conjoncture pensée la connaissance ciblée est «le périmètre est proportionnel au diamètre«, les élèves vont bien travailler la proportionnalité même s'ils ne savent pas que ça s'appellent comme cela, mais le

	concept est bien là ?! **Mathieu :** Je ne sais pas trop où situer la conjecture (ou la connaissance) : est-ce, comme tu le dis, l'idée que le périmètre est proportionnel au diamètre, ou bien est-ce l'idée qu'il existe une formule, ou bien encore est-ce l'idée que le coefficient est pi? j'avoue que j'ai du mal à me situer et que je prends un peu les 3 de front, avec l'idée que le plus «ludique« est quand même de découvrir que ce coefficient vaut environ 3...
Choisir un problème	Je décide de travailler la différence entre la MESURE et le CALCUL (vocabulaire et principes souvent confondus par les élèves). Les élèves établiront une conjecture d'après les mesures expérimentales qu'ils auront faites.
Le scénario	Etape 1: en groupe de 4 (15') **C2** Comment peut-on MESURER la circonférence, la longueur du contour, le périmètre d'un cercle? **C3** Production d'affiches Discussion collective **C4** **C2** **Mathilde :** je proposerai cette phase en amont à la fin de l'heure précédente : puisque cette phase débouche sur les outils à utiliser et la façon de les utiliser, peut-être qu'il serait intéressant que ce soit les élèves qui ramènent leurs outils, ficelle. tu peux leur montrer quelques objets dont il faudra mesurer le périmètre pour les allécher. Et rien ne t'empêche de rajouter des outils. **Mathieu :** Vu le timing, j'ai peur de faire cette séance un peu trop tôt par rapport à mon chapitre. mais la séance est posée, donc je m'adapterai. **Fiana :** je trouve que le timing est impossible. Pour moi au mieux en 15 minutes, ils ont réfléchi à l'oral mais de là qu'il aient produit des affiches par écrit je trouve ça impossible à loger **Mathieu :** Deuxième remarque sur cette phase ! Pensez-vous que je puisse demander aux élèves de travailler dessus à la maison pour cette séance (sous une autre forme évidemment) ou ai-je intérêt à prendre

cette phase en classe la séance d'avant ?

Mathilde :

Je pense que tu as intérêt à en parler la séance d'avant, pas nécessaire d'aller jusqu'à la production d'affiches, mais qu'ils disent à l'oral que les outils comme la règle, l'équerre ou… ne permettent pas de mesurer le périmètre d'un cercle et qu'il faut un outil qui puisse se courber. Du coup, tu pourras leur demander d'en ramener et toi bien sûr en prévoir.

C3

Fiana :

je suppose que cette question est annoncée à la classe. Pourquoi mets-tu 3 mots pour désigner le même concept ? Choisis en un et demande à certains élèves de reformuler si nécessaire ? Je trouve que ça induit en erreur, et moi- même j'ai dû réfléchir 10 secondes pour comprendre que c'était la même chose ! (certes je suis fatiguée , il est tard)

Mathieu :

3 mots, c'est pour chasser la confusion avec l'aire (comme pour l'activité du contour...)

version écrite : un seul mot, mais j'utiliserai les autres pour répéter et reformuler ma question.

C4

Fiana :

Pourquoi fais-tu une discussion collective ? ton objectif est-il d'harmoniser toute la classe sur une seule méthode ?

sinon je ne mettrais pas en commun.

je passerais dans chaque groupe voir le matériel dont ils ont besoin et je lancerais l'étape 2 ? d'autant plus que ton timing est serré et que les mises en commun sont chronophages.

Mathieu :

La discussion collective est issue uniquement de l'expérience de la séance de l'année dernière. Je pense que cela peut donner des idées à ceux qui n'en ont pas.

Mathilde :

Pas con l'idée de Fiana, si tu veux pas commencer le travail la séance précédente. Ce que tu voudrais harmoniser c'est le fait que la règle, l'équerre ne suffisent pas et çà c'est vrai tu peux faire le point dans chaque groupe et donner le matériel dont ils auront besoin sachant qu'ils ne l'auront pas vraiment choisi puisque ça dépendra de ce que tu auras à leur donner..

Etape 2: en groupe de 4 (20')

Voici du matériel; MESUREZ plusieurs périmètres de cercle en précisant dans le tableau le diamètre **C5** du cercle dont tu mesures le périmètre.

C5

Fiana :

pourquoi parles-tu de diamètre à cette étape car dans l'idée des élèves pour mesurer avec une «ficelle»par exemple un périmètre le diamètre on n'en a rien à faire !

J'introduirais le diamètre seulement au niveau du calcul car c'est là qu'il est utile.

Mathieu :

Je comprends, mais si tu ne mets pas en relation le diamètre et le périmètre au moment des mesures, tu ne peux pas inventer qu'il sont proportionnels.

Je pense qu'en mesurant, certains auront peut-être déjà remarqué un rapport de 3.

D'autre part, je ne veux pas les faire revenir sur la mesure au moment où je passe au calcul.

Mathilde :

Je comprends aussi, et bien tu n'as qu'à dire que c'est pour noter les résultats dans un tableau et savoir de quel cercle il s'agit.

Etape 3: en groupe de 4 (le reste ... **C6** !!)

Compte tenu de vos résultats, comment peut-on CALCULER **C7** le périmètre d'un cercle?

C6

Mathilde :

Je ferai la même chose sauf que je leur enlèverai le matériel de mesure (corde, ficelle, règle) et je rajouterai une colonne dans le tableau avec la donnée du diamètre d'un cercle et trouver le périmètre de cercle, compte tenu des résultats obtenus.

C7

Fiana :

je trouve dommage de mettre le mot calcul qui est au centre de ta problématique et dont tu veux montrer la différence avec mesure, directement dans la question.

Pour moi, je tenterai de le faire deviner avec une question du genre «Imaginer qu'une classe n'ai pas ces objets sous la main, on leur envoie la photo comment

	pourrait-il faire pour trouver le périmètre ? quelles infos auraient-ils besoin qu'on leur donne ?« L'idée ici est qu'un calcul permet de trouver une «information» sans avoir à manipuler = mesurer un objet. **Mathieu :** Cette idée m'intéresse beaucoup! **Mathilde :** Moi aussi!!!! Matériel de l'étape 2: calculatrice Tableau à remplir A mesurer: - CD ROM - tube de colle - boîte de conserve - disques en carton - ballon **C8** - rouleau de sopalin - ... Pour mesurer: - ficelle - mètre de couture - mètre ruban - règle - bande de paiper - ... Je ne sais pas si je donne le même matériel à chacun des 4 groupes... **C9** **C8** **Mathilde :** comment comptes-tu faire pour leur faire mesurer le diamètre du ballon? **Mathieu :** Je n'y ai pas réfléchi! tu as des idées?? **Fiana :** Perso, je laisserai tomber le ballon car les autres objets sont cylindriques et c'est déjà compliqué. je garderai la sphère pour une autre réflexion. **C9** **Mathilde :**

	Je trouve ça pas mal s'ils n'ont pas le même matos, çà peut éveiller la curiosité d'un groupe pour écouter un autre groupe. **Mathieu :** Je valide **Fiana :** je donnerais le matériel que demande chaque groupe et je prévoirais une bassine avec du matos qui peut servir d'aide et de point de départ à une réflexion pour les groupes qui restent vide d'idées.
Les connaissances	J'ai besoin de la proportionnalité pour pouvoir la mettre en évidence. Je ne serai pas revenu dessus cette année (je le ferai plus tard), mais les élèves ont des connaissances de primaire dessus. J'irai les chercher… Par rapport à la définition des objets (qui est le cœur de mon chapitre), je ne pense pas qu'il y ait trop de difficultés puisqu'il en faut peu sur cette activité. Par contre, concernant un savoir-être que je n'arrive pas vraiment à définir, je m'attends à de grosses difficultés: je ne suis pas sûr du tout que les élèves s'attendent à ce qu'il y ait une formule qui permette de calculer le périmètre du cercle. Les formules déjà rencontrées (p = côté X 4 par exemple) ne relèvent pas de la même chose que celle du périmètre du cercle qui a quelque chose de «magique»; et je ne suis pas sûr que les élèves iront chercher cela. **C10** Pour moi, il est question de curiosité, ici. **C10** **Fiana :** je trouve que ta séance est plus sur les différences entre mesurer/calculer que sur la découverte de la formule exacte du périmètre d'un cercle et cela est très pertinent. Par contre à toi de voir car tu sembles hésiter et vouloir à tout prix faire découvrir la formule : je ne me fixerai pas cela comme objectif principal. **Mathieu :** Oui, tu as raison, et je m'en rends compte aussi. Ce qui me plaît c'est qu'on n'a jamais l'occasion de travailler sur mesure et calcul. On ne fait que reprendre l'élève qui se trompe et qui confond. Par contre, tu as bien compris que j'hésitais et ce qui me gêne c'est que les élèves doivent formuler une conjecture... **Mathilde :** C'est-à-dire que soit tu fais comme Fiana dit auquel cas, tu ne parles pas du

	diamètre avant la question qui serait posée aux élèves «imaginez qu'une classe n'ait pas de matériel..» et une fois que les élèves ont eu l'idée du diamètre, ils pourront remplir le tableau et faire le lien et donc émettre une conjecture. Mais ça risque de prendre du temps. Peut-être que pour rythmer et harmoniser tu peux faire une mise en commun à la fin de la phase 2 avec les mesures qu'ont trouvées chacun des groupes (merde, oublie, ils ont pas les mêmes trucs à mesurer). Bon, ce que je veux dire c'est que cette phase ne doit pas durer trop longtemps puisque c'est pas le but qu'ils apprennent à mesurer. Soit..tu fais comme Fiana..haha!
Anticiper les conjectures pour pouvoir proposer des aides	Je n'ai aucune idée de ce qu'un élève peut répondre à la question : «Comment calculer le périmètre d'un cercle ?» sans faire aucun travail dessus. Je pourrais éventuellement la leur poser individuellement en début de séance. Après la réflexion collective sur la mesure, la mise en œuvre des mesures proposées et le remplissage du tableau, je pense et j'espère que des élèves vont essayer de relier le diamètre et le périmètre peut-être en évoquant le triple.

2.3. Les MRD de Mathilde

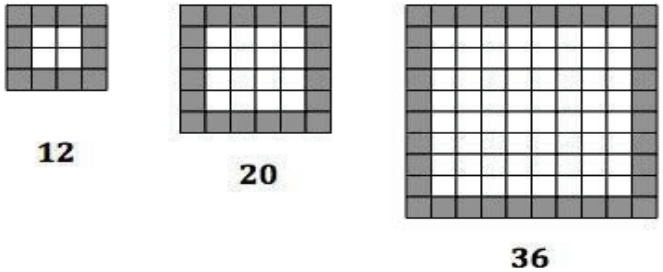
2.3.1. MRD$_{\text{étape 3}}$ de la Situation S de Mathilde

Repères utilisés	**Description du travail de préparation permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures** En noir la description du travail de préparation de Mathilde et Mathieu pour la séance mai 2013. **Les modifications apportées par Mathilde en décembre 2013 sont en rouge**
Les objectifs pédagogiques Le programme	Dans le programme de cinquième, déposé aussi dans ma section (page 19 pour la classe de cinquième), le calcul littéral est une petite partie. C'est le tout début. Les élèves ont déjà utilisé les lettres dans un calcul, exclusivement pour établir (et surtout apprendre) des formules comme A = L × l (certainement déjà vue en primaire) ou p = 2 × ☐ × r (A cette occasion on explique succinctement la différence entre le rôle de la lettre r qui remplace le rayon (variable) et la lettre ☐ (qui remplace un nombre qu'on ne peut pas écrire autrement). Les objectifs de ce chapitre sont essentiellement de voir les différents rôles de la lettre dans un calcul et de travailler la substitution (que vaut 3☐ + 2 pour ☐=3) au service éventuellement de la recherche de la solution d'une équation (on se contentera de vérifier qu'une valeur est solution ou pas d'une équation). Enfin, on commencera à réduire une expression littérale : (2☐ + 3☐ = 5☐)

1.2 Expressions littérales (thèmes de convergence)	Utiliser une expression littérale. Produire une expression littérale.	De nombreux thèmes du programme, notamment dans le domaine grandeurs et mesures, conduisent à utiliser des expressions littérales (formules).
Connaissances	*Capacités*	Commentaires

	2.4 Initiation à la notion d'équation	*- *Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques.*	Une attention particulière est apportée à l'introduction d'une lettre pour désigner un nombre inconnu dans des situations où le problème ne peut être facilement résolu par un raisonnement arithmétique. *Les programmes du collège prévoient une initiation progressive à la résolution d'équations, de manière à éviter la mise en œuvre d'algorithmes dépourvus de véritable sens.* **La classe de cinquième correspond à une étape importante avec le travail sur des égalités vues comme des assertions dont la vérité est à examiner.* La notion d'équation ne fait pas partie du socle commun.

La séance	Le calcul littéral est un domaine des mathématiques très transversal au collège: il est repris chaque année avec des exigences en plus. Le début se déroule en cinquième. Le calcul littéral pose souvent problème aux élèves. Ils sont toujours déstabilisés par cette idée (quand ils la comprennent) qu'une lettre remplace n'importe quel nombre, que je peux faire des calculs avec, sans connaître la valeur que j'attribue à la lettre et surtout qu'un résultat peut être exprimé avec une lettre (2☐ + 3☐ = 5☐) L'objectif de la séance est donc l'initiation au calcul littéral. Il s'agit de montrer aux élèves l'aspect pratique de l'utilisation de la lettre pour généraliser. L'idée de «quelque soit...«. Dans une formule, la lettre remplace n'importe quel nombre. L'activité proposée doit obliger les élèves à se questionner sur la généralisation et à ressentir la nécessité de formaliser cette généralisation.
Les pré-requis	Peu de pré-requis très développés pour cette activité. Le vocabulaire : carré, quadrillage, carreau, contour, côté Cette activité ne fait pas appel aux connaissances des élèves sur le calcul littéral (puisqu'il s'agit d'une initiation), mais elle ne fait pas appel non plus aux quelques occasions que les élèves ont déjà eu de rencontrer des lettres dans les calculs (A = L × l). Ce qui est en jeu dans cette activité, c'est la simple compréhension de mots simples, et

	surtout la prise d'initiative. Cette année, les élèves auront vu l'intérêt d'utiliser des lettres pour énoncer une propriété se basant sur des égalités vraies pour n'importe quels nombres, par exemple : la distributivité k x (a + b) = k x a + k x b, Et (a + b) – c = a + (b – c) en partant d'énoncés conduisant à des calculs puis en généralisant ces calculs. De plus, je compte leur demander d'écrire une formule (ils ont déjà vu celle pour calculer le périmètre d'un cercle). Je pense qu'ils auront du coup plus l'idée d'utiliser la lettre et aussi d'écrire un seul calcul. (ça tombe bien, on l'a vu au début de l'année)
Le scénario	Nous pensons proposer, dans un premier temps, un problème sans question, puis, après un travail d'abord individuel puis en groupe sur ce problème sans question, une question qui oblige les élèves à reprendre leur premier travail. Le problème sans question:  Même introduction par le problème sans question (tps individuel, échange par 2 puis mise en commun collective. Importance de faire la différence avec le périmètre. Je poserai la question : quels sont les points communs et les différences sur ce document ? J'attends comme réponse : en point commun le nombre de carreaux gris est inscrit en dessous, et comme différence la taille des carrés. **C1**, **C1** **Fiana :** Perso, j'aurais répondu : ce sont des carrés, il y a à chaque fois le contour en gris et un chiffre écrit en-dessous. c'est juste pour te donner une idée quand on n'est pas prof de maths. Je pense que cette dynamique d'habituer les élèves à analyser avec les différences versus les similitudes est très intéressante.

Attention gros changement : je veux amener les élèves à se poser la question que nous leur avions posée, pour une meilleure appropriation du problème.

C'est pourquoi, à la suite du problème sans question **C2**, je vais leur distribuer un quadrillage qui prendra toute une feuille A4 et leur demander **C3** de tracer le carré qui contient 104 carreaux gris sur le contour.

Par le « faire », ils vont j'espère aller plus vite au questionnement qui est :

Formulation avant le commentaire **C4**

Etant donné le nombre de carreaux gris, propose une formule pour trouver le nombre de carreaux sur le contour ». **C4**

Formulation après le commentaire **C4**

Etant donné le nombre de carreaux gris, propose une formule pour trouver le nombre de carreaux sur un côté du carré ».

C2

Billy :

Comment envisages tu le lien que vont faire les élèves entre la situation du problème sans question et cette nouvelle consigne ? En d'autres mots, comment passer de ta situation de départ à cette nouvelle consigne en permettant aux élèves de garder du liant entre ces deux étapes?

Mathilde :

à la fin de la situation de départ, on se sera mis d'accord sur le fait que le nombre de carreaux gris est le nombre écrit en dessous des carrés donc ils auront trois modèles de carrés avec des carreaux gris, auxquels ils pourront se référer. De plus, par l'essai, erreur, ils pourront réajuster.

C3

Mathieu :

J'aime bien l'idée, mais comment leur faire comprendre que de cette consigne, ils doivent dégager un questionnement ? Tu pourrais les arrêter au bout d'un moment car on constate que c'est trop compliqué et leur demander de formuler ce questionnement.

Attention, 104, c'est 26X4 et c'est assez facile à trouver. du coup, certains vont penser que c'est la solution et ne vont pas comprendre la suite.

Mathilde :

ouais sauf que n'importe quel nombre de carreaux gris est un multiple de 4 Mr Mathieu, donc il faudra peut-être que je leur demande si ils ont vérifié s'il y a 104.

En ce qui concerne le questionnement, je me dis qu'il viendra de lui-même, il est sous-entendu, car pour construire un carré, on a besoin du nombre de carré sur le côté,

mais je retiens l'idée de faire un point rapidement s'il y en a qui n'arrive pas à commencer.

C4

Fiana :

pour moi, il manque un mot dans ton bilan «étant donné le nombre de carreaux gris sur un côté, propose une formule pour trouver le nombre de carreaux sur le contour»

sinon j'avoue je ne comprends pas.

Ou sinon c'est peut-être l'inverse : «étant donné le nombre de carreau gris, propose une formule pour trouver le nombre de carreaux sur un côté»

euh maintenant que j'écris je crois que c'est la 2ème la bonne ?!!

Mathilde :

oui je me suis plantée c'est la 2ème, j'ai corrigé merci! (2e formulation ci-dessus)

Procédures attendues : 104 : 4 = 26, donc ils vont tracer un carré de côté 26, puis peut-être compter ensuite s'il y a 104 carreaux gris. Comme ils vont en trouver 100, ils réajusteront, en rajoutant peut-être une ligne et une colonne donc + 1.

-Ils auront peut-être tous la même idée au départ de diviser par 4, c'est après certains, vont recompter pour vérifier, certains ne prendront peut-être pas la peine de le faire **C5** s'en accommoderont.

-Il y aura également des différences dans les formulations de formules **C6** certains auront peut-être l'idée d'utiliser des lettres, d'autres des mots avec des signes opératoires.

C5

Billy :

Quel aide peux-tu imaginer pour qu'ils prennent la peine de le faire? Il faudra peut-être imaginer de les piloter un peu plus que l'année dernière en leur donnant quelques repères important à vérifier le long de leur réflexion (comme vérifier en comptant le nombre de carreaux) d'autant que c'est l'étape finalement la plus cruciale dans l'émission d'hypothèses.

Mathilde :

oui, c'est vrai, il faudra que j'insiste pour qu'ils recomptent.

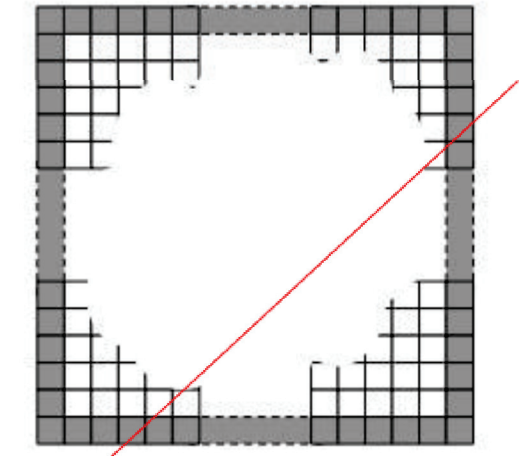
Billy :

nickel surtout dans ce collège où les élèves vont rarement vérifier si ce qu'il propose est plausible ou non et que souvent avec une petit phrase motivante il sont capables de le faire très correctement

	C6 **Billy :** Pourquoi ne pas uniformiser tout de suite les symboles utilisés afin que ce ne soit pas un obstacle de compréhension pour les élèves en difficultés au cours de la mise en commun ? **Mathilde :** oui tu veux dire que pour le nombre de carreaux gris on choisira la lettre N, le nombre de carreaux sur le côté par exemple n, je pensais faire cela une fois qu'ils auraient bien galérer à essayer de formuler pour justement introduire la nécessité de la lettre. Mais peut-être que c'est cumuler les obstacles, et que du coup, je devrais intervenir rapidement en donnant cette aide afin de parler tous le même langage. **Billy :** oui avec un timing très court je pense que ce serait mieux de s'affranchir tout de suite de cet obstacle pour que les élèves se concentrent essentiellement sur ta consigne et surtout l'émission de conjecture Matériel distribué aux groupes de 4 : **C7** un quadrillage pour dessiner le carré une feuille A3 pour écrire la formule. Une feuille A4 avec 2 colonnes : « d'accord avec la formule » et « pas d'accord avec la formule » avec bien sûr pourquoi. **C7** **Fiana :** tu envisages différentes possibilités, les élèves ont-ils la possibilité de faire plusieurs essais sur la même feuille ? Combien fait-elle de carreaux de large et de long ? **Mathilde :** je pourrai prévoir plusieurs feuilles s'ils ressentent le besoin de faire plusieurs essais et il faut qu'il y ait peut-être 40 x 40 carreaux dans le carré donc peut-être qu'une feuille A3 serait plus pertinente pour que les carreaux ne soient pas trop petits. Donc récapitulatif avec le plan de la séance : Problème sans question (10 min avec la mise en commun) Tracé par groupe de 4 du carré qui contient 104 carreaux gris (10 min) **C8** **C8** **Fiana :** tu donnes un quadrillage A4 à chacun ou un par groupe

	perso : je suis pour une feuille par groupe, sinon chacun va essayer dans son coin **Mathide :** Oui on est d'accord. Mise en commun : « de quoi avez-vous eu besoin ? » (10 min) Réponses attendues : la taille du carré ou plus précisément, le nombre de carreaux sur un côté du carré. « On vous donnait le nombre de carreaux gris et vous avez cherché le nombre de carreaux sur le côté du carré, maintenant, on aimerait aller plus loin en généralisant la recherche que vous venez de faire, c'est-à-dire : Etant donné un nombre de carreaux gris, propose une formule pour trouver le nombre de carreaux sur le côté du carré. » Recherche de la formule à écrire par groupe sur la feuille A3. (10 min) Echange des formules entre 2 groupes et discussion sur la validité des formules **C9** avec arguments à écrire sur la feuille A4 dans les colonnes (merci FIANA pour l'idée !!) (5 min) **C9** **Fiana :** je ne sais pas si les élèves ont déjà vu la notion de formules mais je pense qu'il faudrait développer à l'oral au moins «comment on sait qu'une formule mathématique est juste ?» «c'est quoi une formule valide ?» et peut-être pour certains faire le lien avec les nombreux exemples qu'ils ont sous le nez. je pense souhaitable de faire émerger ces idées car je trouve que ça ne va pas de soi. autre remarque qui va avec le 4°) c'est qu'il faut préciser aux élèves que leur formule va être lue et évaluée par un autre groupe donc elle doit être compréhensible, lisible, légendée ou je ne sais quoi !! Bon je n'efface pas la remarque: je viens de lire tout en bas que tu pensais expliquer aux élèves qui sont bloqués ce que veut dire une formule valide mais j'avoue que pour moi ce n'est pas une aide en option mais plus quelque chose de fondamentale **Mathilde :** entièrement d'accord!!au moment de l'énoncé: «proposer une formule..« je leur demanderai ce qu'ils entendent par formule et annoncerai qu'elle devra être compréhensible car un autre groupe donnera son avis. Et donc leur demander comment on sait si une formule est juste ou valide ? peut-être devrais-je projeter des exemples de formules et leur demander comment savoir si la formule est juste. Je fais la synthèse des propositions et lis les explications des élèves que je peux exploiter. Je vois en plus l'intérêt de faire le lien avec le premier chapitre de l'année

	qui est de résoudre un problème par un seul calcul (ici il contient 2 opérations), au lieu d'écrire 2 calculs séparés : n : 4 et ensuite la réponse + 1. (5 min) **C10** **C10** **Fiana :** je pense que ce timing est totalement irréaliste!! tu marques 5 min pour que ça loge mais c'est l'étape pour moi la plus longue et elle doit être interactive pour être intéressante sinon autant faire un cours au tableau directement. je pense que tu peux prévoir au moins 25 minutes avant que ça sonne s'il y a peut-être un truc à faire c'est de montrer le groupe qui aurait pu trouver la formule exacte, histoire que les élèves quittent ta salle avec «la solution en tête» et quelque chose qui peut mûrir d'ici le cours prochain sur « pourquoi j'y ai pas pensé ?! » **Mathilde :** le cours prochain tombera 2 heures après. Heure suivante : je pose une dernière question, « existe-il un carré dont le nombre de carreaux gris est égal à 1242 ? » qui peut permettre de faire le tri **C11** dans les formules qui seront proposées et justifier en plus l'intérêt d'avoir établi une formule. En effet, quand on fait : 1242 : 4 + 1, on trouve un nombre qui n'est pas entier donc ce n'est pas possible. **C11** **Fiana :** je ne vois pas comment ça peut faire le tri car si la formule est fausse, elle est fausse quelque soit le nombre de départ ?? (bon je commence à être fatiguée, il faut que je re-réfléchisse) **Mathilde :** oui tu as raison. Suite de la séance : utilisation de Excel pour montrer l'intérêt d'une formule, en rentrant cette fois-ci le nombre de carreaux sur un côté dans une colonne et en demandant aux élèves la formule qui donne le nombre de carreaux gris.

	 Il y a 356 carreaux gris sur le contour de ce carré. Indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré. La question: Nous pensons jouer sur la curiosité avec le problème sans question.
L'aide	L'aide à apporter pendant l'activité est en cours d'élaboration. Il faudra d'abord remotiver les élèves qui risquent d'être déstabilisés devant un problème sans question. Les mots prononcés seront importants. Toutes les démarches devront être encouragées. Nous pourrons proposer de dessiner d'autres cas. - Demander aux élèves de tester leur formule sur les carrés du départ. - Si le mot « formule » fait obstacle, leur demander s'ils ont déjà rencontré dans les années antérieures ce mot. (périmètre du carré, rectangle, cercle) - Pour justifier s'ils sont d'accord ou pas, on peut demander aux élèves de tester la formule sur des exemples et c'est là que commence une grande remise en question de tout ce que je viens de faire !!et merde !!! Oui parce qu'en fait, j'aurais aimé que les arguments pour valider puissent être autre chose que juste une généralisation de ce qui est observé sur les exemples. Du coup, je me demande pourquoi je n'ai pas proposé le problème inverse, cad partir du nombre de carreaux sur le côté et en déduire le nombre de carreaux gris. Du coup, dans les explications, il pourrait y avoir on fait x 4 et ensuite on s'aperçoit que les carreaux aux angles ont été compté 2 fois donc on soustrait 4, ou certains pourrait compté ligne par ligne…

Bref, c'est sûr que la formule serait plus facile à expliquer.

Je remplacerais le point 2) par : « Quel est le nombre de carreaux gris si le nombre de carreaux sur le côté est 27 ? » **C12**

Certains traceraient le carré, d'autres chercheraient à faire un calcul…

Et ensuite je leur demanderai et si maintenant le nombre de carreaux sur le côté est 342, comment pouvez-vous faire ? le but serait de faire émerger la nécessité de trouver une formule. La mise en place après resterait la même.

J'attends votre avis !!!

C12

Fiana :

j'avoue que là je suis PERDUE, tu vas faire quoi ?

en effet je pensais te poser la question sur pourquoi ne pas partir sur le nbre de carreaux du côté pour trouver ceux sur le contour.

Comme je viens de tout lire dans un sens, je le maintiendrai comme cela et au lieu ensuite de faire, le nombre sans solution je profiterai de l'opportunité de leur redemander le même raisonnement mais sur une situation nouvelle et proche qui est celle que tu proposes à la fin : cette fois-ci en individuel

toutefois pour moi, je ne fais pas de grande différence entre les 2 problèmes, la démarche est la même sauf qu'il est vrai que je me dis que la division est moins bien maîtrisée que la multiplication

mais en termes d'analyse pour les élèves de la formule du groupe voisin je ne vois pas de différence.

Mathieu :

moi j'aime bien ta conclusion, Mathilde. Pour faire émerger différentes procédures, il vaut mieux faire chercher le nombre de carreaux sur le contour à partir de celui sur le côté et ensuite tu bascule.

Mathilde :

Si pour moi la différence est dans le fait de dire pourquoi la formule est juste. Pour dire qu'elle est fausse c'est facile, il suffit de prendre un contre-exemple mais pour justifier qu'elle est juste, il faut pouvoir l'expliquer, la raconter. Alors dire qu'on divise par 4 le nombre de carreaux gris çà se comprend parce qu'il y a 4 côtés mais expliquer pourquoi on rajoute 1...c'est plus intuitif.

Et comme Mathieu disait y'a plus de procédures différentes si on fait l'inverse: ya ceux qui vont faire:

n + (n-1) + (n-1) + (n-2), ou

(n-1) x 4 ou 4n - 4 ...

Le choix du problème	Ce problème a été choisi pour coller le plus possible au sujet d'étude : favoriser l'émergence d'une conjecture. L'activité de départ favorise, à mon sens, cela. Cependant elle est trop guidée et limite énormément la prise d'initiative. D'où les aménagements, d'inspiration «construction socio-cognitive du savoir« (GFEN). Le travail de groupe est une pratique inégalement répartie chez les profs de maths (contrairement, je pense, aux SVT et SPC) qui peut parfois apporter un enrichissement dans certaines activités. Nous avons beaucoup réfléchi au contexte. Dans un premier temps, pour donner du sens à notre problème, nous avons pensé à construire un contexte, et nous pensions parler de mozaique sur le sol d'une pièce du château de Versailles (...), et nous avons abandonné cette idée pour finalement proposer un problème dépourvu de contexte.

2.3.2. MRD' de la Situation S' de Mathilde

Auteur principal : Mathilde
Niveau : Cinquième
Thème du programme : Somme des angles d'un triangle

Séance mise en œuvre le : 7 février en M1

Séance telle que vous l'avez réalisée l'année dernière pour traiter cette partie du programme : demandais aux élèves de tracer un triangle de la dimension qu'ils voulaient sur une feuille blanche. Puis, de marquer les angles de différentes couleurs, et enfin de découper les angles et de les accolés de façon à former un angle plat. Visuellement, ils réalisaient que la somme des angles d'un triangle est de 180°.

Autres ressources mobilisées : J'ai suivi le déroulement d'une activité menée dans le cadre de la démarche d'investigation en maths sur le site de l'IREM de Clermont Ferrand.

C1

Billy :

pas de remarque particulière, je pense que c'est très bien pensé donc it's good for me

Repères utilisés	**Description de mon travail de préparation permettant de construire une séance qui permette d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures**
Cibler une connaissance ou notion **Trouver un problème**	La somme des angles d'un triangle est de 180°. Pour cela: faire la liste des tâches relatives à cette notion. Ou autrement dit, à quoi çà sert? **C2** - Calculer une mesure d'angle manquante dans un triangle, en variant sur les données: triangle isocèle, rectangle... **C2** **Mathieu :** Je ne suis pas trop de cet avis; il me semble que cette notion peut s'aborder sans l'aspect « à quoi ça sert », mais juste comme la découverte d'une propriété. Les élèves auront eu l'habitude de faire des construction de triangles, ayant à disposition des données, qui varient, 3 longueurs, 3 angles, et le but étant de savoir si 2,3 ou 4 données suffisent pour déterminer un triangle.

Elaboration d'un scénario	Je présenterai la situation suivante: «j'ai dessiné un triangle dont je vais vous donner les mesures de 2 angles: 57° et 45°. Ce triangle reste ici à mon bureau. Je vous pose la question suivante: si on connaît les mesures de 2 angles dans un triangle, comment peut-on connaître la mesure du 3ème angle, sans se déplacer?» **C3** modalité: travail individuel + mise en commun (15 min) **C3** **Fiana :** Je te laisse ma remarque mais en lisant la suite, je viens de constater que je n'ai pas bien compris ancienne remarque : l'idée est que tu ne veux pas qu'ils fassent une mesure sur la figure ? je modifierai la question pour moi tu demandes la valeur de l'angle « comment peut-on connaître la valeur du 3ème angle sans faire une mesure sur la figure ? » **Mathilde :** tenant compte de toutes vos remarques je me demande si ce ne serait pas mieux de commencer tout de suite par la question: « si on connait les mesures de 2 angles dans un triangle, comment peut-on connaître la mesure du 3ème angle par un calcul? » je prévoirai des aides du type triangles pré-dessinés où je noterai dessus les mesures des 3 angles. J'avais peur qu'ils rentrent moins facilement dans l'activité par ce biais. OU autre idée qui me vient: je lance l'activité par les bulles de dialogue de Fiana, un élève dit: « j'te dis que plus un triangle est grand plus la somme de ses angles est grande. » l'autre: « pfff, mais non çà n'a rien à voir ». Question à poser au élèves: comment savoir celui qui a raison? démarches attendues: essais de dessins de triangles plus ou moins grands (mise à dispo de feuilles A3) puis mesure et somme (mise à dispo de feuilles à remplir avec mesures des angles

et sommes des angles et explications sur qui a raison et pourquoi.)

la justification des élèves comme quoi ils ont mesuré et la somme est fixe et égale à 180° sera donc la conjecture.

Mathieu :

J'adore et tu branches le cerveau sur la somme des angles. La problématisation est relativement simple. Ca me plait.

Réponses attendues:

-En dessinant **C4** le triangle grâce aux 2 mesures, puis en mesurant le 3ème angle, ils obtiennent des mesures proches de 78°.

Donc conclusion, ils ont tous trouvé une mesure qui a l'air fixe, environ 78°. Donc la donnée de 2 mesures d'angles suffirait pour déterminer la 3ème mesure.

-En calculant: 57° + 45° (mais je crois pas trop à cette hypothèse).

C4

Mathieu :

Oseront-ils puisque tu ne donnes pas de longueur?

Mathilde :

çà je ne m'inquiète pas trop car on l'a déjà fait et ils sont rentrés dedans ou au pire ils demanderont.

Question suivante :

«Peut-on **C5** connaître la mesure du 3ème angle par un calcul? (aide proposée s'ils n'ont pas l'idée de tracer d'autres triangles: distribution de triangles de tailles différentes **C6** isocèles, équilatéral, rectangles, avec dessus marquées les mesures d'angles).

C5

Fiana :

Je prendrai la formulation précédente « Comment peut-on connaître la valeur du 3ème angle par un calcul? »

Mathilde :

dac

C6

Mathieu :

Pour moi, les observations se trouvent ici, et la généralisation peut commencer.

Mathilde :

- Anticiper les hypothèses -Prévoir les aides à apporter aux élèves	c'est pourquoi j'ai changé d'idée et que je les incite dès le début à dessiner plusieurs triangles avec des mesures d'angles différentes. modalité: travail en groupe + mise en commun rapide (20 min) Hypothèse attendue: **C7** la somme des 3 angles d'un triangle est fixe et égale à180°. **C7** **Fiana :** je pense qu'il faut s'attendre à de multiples essais car rien qu'avec ton 1er triangle, je pense qu'ils vont essayer d'additionner, de soustraire, de multiplier par 2..... ils peuvent essayer bcp de choses Conclusion bilan de ce qui vient d'être vu: En se basant sur des observations, il semblerait (on n'en est pas sûr encore) que la somme des angles d'un triangle est toujours de 180°. C'est pourquoi, je leur demanderai ensuite: «Est-il possible de tracer un triangle dont la somme des angles est très différente de 180° ? **C7** Si oui, faire la construction ; si non expliquer pourquoi.» **C7** **Mathieu :** OUI, en dessinant un triangle sur un ballon. Mise à part la boutade, maintenant que la conjecture a été établie, on peut la démontrer. A mon sens, cette question est intéressante pour renforcer l'idée de généralisation, mais la conjecture a déjà été établie. Certains seront convaincus que non et pourront expliquer que si un angle augmente, les deux autres diminuent, ils peuvent utiliser le compas du tableau, et la règle pour montrer. Les autres peuvent croire que si le triangle est très grand la somme change. C'est pourquoi, je mettrai des feuilles A3 à disposition. A l'aide de géogébra, logiciel de géométrie dynamique, je leur montrerai que la somme ne change pas peu importe la taille du triangle. Modalité: en groupe (je commencerai le travail en M1 (15 min) et je terminerai en M4) Enfin, je terminerai par la question suivante qui amorce la démonstration:

-Créer les conditions permettant une argumentation de l'élève sur les hypothèses ou les conjectures proposées. (point à détailler)	«Connaissez-vous un triangle pour lequel vous êtes sûrs mathématiquement que la somme des angles est égale à 180 ?» **C8** **C8** **Mathieu :** Je ne comprends pas l'utilité de cette question, ni en quoi elle amorce la démonstration. **Mathilde :** pour aborder la notion de « sûr mathématiquement » car les élèves répondent le triangle équilatéral mais en réalité ils se servent de 180° pour expliquer alors que la triangle aplati permet de rappeler ce qui a été vu dans l'inégalité triangulaire. en fait çà n'amorce pas la démo mais çà illustre et permet de faire un rappel. hypothèses attendues: -le triangle équilatéral (invalidée par le fait que ils ont besoin de 180° pour dire 180°:3=60°) -le triangle isocèle (même type d'erreur) -le triangle aplati. (j'espère avoir eu le temps d'en parlé déjà avec eux.) la démonstration **C9** repose sur la connaissance des angles alternes internes que je compte voir en rituel avant avec eux. **C9** **Mathieu :** Tu peux aussi simplifier en partant du postulat que la diagonale d'un rectangle le coupe en deux triangles rectangles superposables. **Mathilde :** oui je verrai en fonction de si j'ai le temps d'aborder la angles alternes internes.

2.4. Les MRD de Fiana

2.4.1. MRD de la Situation S de Fiana

2.4.1.1. MRD$_{étape\ 1}$ de Fiana

Auteur principal : Fiana
Niveau : Quatrième
Thème du programme : « le modèle moléculaire pour comprendre », voir le programme de physique-chimie P17-18 **ICI**

Séance mise en œuvre le : la semaine du 13 mai

Séance telle que vous l'avez réalisée l'année dernière pour traiter cette partie du programme : Je n'ai pas travaillé ce thème depuis 6 ans car je n'avais que des 4èmes SEGPA et sur ces classes je m'arrête à la notion de molécule. Je n'ai rien trouvé sur mon ancien disque dur qui correspond à ce thème.

Autres ressources mobilisées : J'ai regardé des manuels : rien de très intéressant, le modèles moléculaires est donné tel quel, puis il ya des exercices d'application

J'ai été sur *EDUSCOL, doc_**ressources pour la 4ème** : de la page 74-88 ICI : c'est de là qu'est partie mon idée*

Repères utilisés	**Description de mon travail de préparation permettant de construire une séance qui permette d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures** « une description moléculaire pour comprendre »
Cibler une connaissance	différents phénomènes comme la compression des gaz/la non compression de l'eau ; la différence entre corps purs et mélanges ; la différence entre les 3 états de la matière ; la conservation de la masse pendant une dissolution. Ce qui m'intéresse dans cette compétence c'est « pour comprendre » ou le passage d'une observation macroscopique à une explication microscopique. Les élèves vont devoir concevoir un modèle microscopique qui puisse résister à une confrontation avec d'autres modèles. Pourquoi en choisir un plutôt qu'un autre ? Un modèle doit permettre d'interpréter le réel sans exception. Suite à cette confrontation, un bilan écrit sera fait avec le modèle moléculaire le plus précis possible.**(voir à la fin du doc pour la leçon qui sera écrite à la fin de cette activité)** Je me demande en tant que prof : Quelles vont être les conceptions initiales des élèves sur la structure microscopique de la matière **C1** ?

	C1 **Billy :** et selon toi, quelles seront les conceptions initiales des élèves ? **Fiana :** pour les conceptions initiales, je les ai imaginées un peu plus bas
Mettre la connaissance sous forme de question	Pour préciser la question, je dois choisir le phénomène à comprendre. Comme nous aurons fini la partie sur l'air et que la compression d'un gaz aura été vue mais non expliquée Il me semble logique de cibler : Comment expliquer qu'un gaz d'un point de vue microscopique se comprime ? **C2** **C2** **Billy :** Est ce que ce sera aux élèves de formuler le problème ? **Fiana :** En effet, selon le temps soit les élèves réfléchissent à une formulation en individuelle soit on fera cela ensemble à l'oral
Critère que je n'avais pas inscrit dans ma liste **Connaissances nécessaires pour faire l'activité**	- on aura vu sur l'air : les mots molécules (particule invisible à l'œil nu qui a une forme déterminée, une masse définie), l'air comme les autres gaz sont compressibles (le volume diminue mais la quantité de matière ne change pas) - explication de l'idée de modèle en sciences (la notion de modèle est une construction intellectuelle qui permet d'interpréter, de prévoir le réel, ce n'est pas une photographie du réel, je travaille aussi avec les élèves sur la différence entre image de synthèse / image réelle) Concept assez difficile à faire passer par mon expérience, je constate qu'en 3ème quand on reprend le modèle atomique : cette idée n'est pas encore évidente pour de nombreux élèves.
Anticiper les hypothèses des élèves	Les élèves peuvent prévoir : - des molécules **C3** bien rangées dans un coin de la seringue puis quand on comprime le piston avance jusqu'à ces molécules - les molécules vont devenir plus petites par la compression

(pour voir si la séance peut fonctionner)	- certains élèves vont peut-être dessiner 2 types de molécules (dioxygène et diazote) et d'autres un seul type de molécule. remarque : ces hypothèses seront sous forme de dessins, car en phrases ce n'est pas évident de décrire ces molécules. Je donnerai une image d'une seringue avec un piston éloigné puis en dessous la même seringue avec le piston enfoncé. Les élèves devront compléter l'intérieur avec leurs hypothèses sur l'aspect microscopique de la matière **C3** **Mathieu :** Désolé pour le retard... Quelle représentation vont-ils utiliser a priori? -des petits ronds?, des points ? autre chose ? Pourquoi? Ma question porte aussi sur l'acceptation du modèle: Comment les élèves acceptent-ils de représenter une molécule de telle ou telle façon si elles sont invisibles? **Fiana :** la notion de modèle sera travaillée juste avant cette activité. L'explication portera sur l'idée qu'on a justement besoin d'un modèle parce qu'on ne voit pas ces molécules et que dès l'antiquité la curiosité des humains les a poussé à imaginer ce qu'ils ne pouvaient pas manipuler directement à travers des modèles. Maintenant sur la forme de la molécule, l'idée est que justement cette forme dans le modèle n'est pas une photographie ou un dessin de la réalité et que l'important est d'être cohérent sur l'application de son modèle. Si un groupe veut me représenter une molécule avec des petits triangles, il n'y a pas de prob, par contre le triangle doit garder la même taille la même couleur pour toutes les molécules qui lui correspondent. Je pense que tu soulignes ce qui pose le plus de difficultés aux élèves c'est d'accepter que ce modèle n'est pas un dessin, taille plus grand de la réalité physique des molécules. **Mathieu :** Le 5) du déroulement est-il une réponse à ma question? **Fiana :** le 5) demande aux élèves pourquoi ils ont dessiné les molécules entre elles de cette façon mais non pourquoi ils ont dessiné UNE molécule comme cela (en tout cas j'espère que la question sera comprise dans ce sens).
Construire la situation-	Il me faut une situation qui

problème ou **scénario**	- rappelle la compression de l'air à priori dans une seringue. - évoque la description microscopique **C4** de la matière. Je pense montrer 3 élèves qui discutent « je suis plus fort que toi, je vais arriver à enfoncer totalement le piston », « mais non, c'est moi le plus fort !! », «le 3ème élève: ça sert à rein de s'énerver c'est impossible d'aller plus loin, c'est à cause des molécules !! » **C4** **Billy :** Ce scénario doit permettre d'amener le problème mais d'après ce que je comprends, le 3ème élève émet déjà une hypothèse (car il ne peut avoir la certitude de ce qu'il avance). Ainsi, le problème d'une activité peut-il reposer sur une hypothèse? A mon sens un problème doit reposer sur une observation formelle du monde qui nous entoure. **Fiana :** pour l'observation du monde, au niveau des molécules on ne peut pas le faire faire aux élèves, trop petit. Pour autant la physique des particules peut être à l'origine de bcp de prob même pour nos élèves, les grecs ont travaillés sur ces probs sans jamais avoir vu une particule. Pour moi l'intervention du 3ème élève a été mise pour que les élèves ne partent pas dans tous les sens et qu'on s'intéresse bien à une analyse microscopique. J'ai hésité longuement avec une phrase du genre «ça ne sert à rien de s'énerver, il doit y avoir quelque chose qui explique pourquoi le piston n'avance pas !?» mais après coup je me suis dit que le mot molécule devait être mis, peut-être que je guide trop !! Par contre ces 3 phrases correspondent à une situation, un scénario, le problème est bien formuler après sous forme de question la notion de modèle est développée **C5** **C5** **Filomène :** Pendant le développement de la notion de modèle, vas-tu imposer justement un modèle du type «une molécule ne se coupe pas ou ne change pas de taille...»? Ce modèle servant de point de départ pour les élèves et pouvant être enrichi par la suite. **Fiana :** oui à peu près car je n'ai introduit que l'idée de la molécule (or la molécule peut être divisée en atome) mais j'aurais insisté sur le fait qu'une molécule de dioxygène est un ensemble invariable, «toutes les molécules de dioxygènes sont identiques» donc cette approche est faite sur molécule plus que sur le

Déroulement de la séance	modèle le modèle est défini comme je l'ai indiqué à la fin du doc en donnant la leçon qu'auront les élèves 2) présentation de la situation problème (vidéo projetée +fiche) 3) formulation **C6** de la question scientifique qui est sous-entendue dans le problème **C6** **Mathieu :** Amènes-tu les élèves à formuler cette question, ou c'est toi qui la pose directement ? **Fiana :** les élèves vont devoir la formuler en individuel mais après je mets en commun les différentes idées et on corrige pour que tous les élèves aient la même question. 4) mise en groupe (par4): chaque groupe à une affiche **C7** A3 avec deux seringues de dessinées, il complète dessus avec leur hypothèse sur la structure microscopique de l'air **C7** **Billy :** Durant la séance, y aura-t-il une étape qui sera évaluée? **Fiana :** Pas d'évaluation avec des notes, par contre les élèves savent que j'évalue un investissement avec un système de +,++,- qui traduit comment le groupe fait le job. Ici l'évaluation sera plus par les pairs car les productions seront affichées et commentées 5) les élèves doivent écrire sous leur schémas quelles sont les propriétés des molécules dessinées (reformulation de la question : pourquoi avez-vous dessinez comme cela les molécules?) 6) les affiches sont mises au tableau, un élève par groupe vient expliquer le dessin 7) le débat suivant se fait à partir des remarques du professeur quels dessins/hypothèses ne peuvent être retenus car ils ne respectent pas :

	-la seule propriété connue sur les molécules (taille invariable) - la conservation de la matière (même nombre de particule **C8**) -la composition de l'air dernière question : comment s'appelle l'espace entre les molécules ? **C8** **Filomène :** Je ne pense pas qu'il faille imposer la condition de l'invariance du nombre de molécules dans le modèle fourni aux élèves. La seringue étant bouchée des groupes vont certainement arriver à la conclusion que les molécules ne peuvent ni entrer ni sortir de la seringue. **Fiana :** L'invariance n'est pas sur le nombre total des molécules car justement comme tu le soulignes cela fait partie des points que je souhaite voir analyser par les élèves. L'invariance est au niveau de la molécule, il faut qu'une sorte de molécule soit absolument dessinée toujours de la même façon, le mot est sûrement pas bien choisi, je réfléchis à autre chose. Remarques : -1- je me demande si ce n'est pas un peu court et s'il ne serait pas intéressant de comparer avec la non-compressibilité de l'eau à ce moment là les groupes auraient 2 affiches : compression de l'air / non compression de l'eau. ** Conclusion de l'activité qui sera écrite par les élèves sur leur cahier** Un modèle est une construction intellectuelle qui permet d'interpréter, de prévoir et d'agir sur le réel. (écrit avant l'activité) Le modèle moléculaire a pour propriétés **C9** : Une molécule est une particule qui ne change pas de forme, taille. Elle est invariante. Dans un mélange, les molécules sont différentes / Dans un corps pur, les molécules sont identiques. Le nombre de molécules correspond à la quantité de matière(masse) Dans un gaz, il y a du vide entre les molécules. Avec les autre activités, le modèle sera enrichit par les propriétés suivantes. Les molécules sont en mouvement (agitation moléculaire) (propriété tirée de l'interprétation de la diffusion des gaz) Dans les liquides, les solides et les gaz, les molécules ne sont pas organisées de

	la même façon. **C9** **Filomène :** Il me semble que la manière avec laquelle tu as construit ta démarche ne permettra pas d'arriver facilement aux propriétés que tu souhaites faire passer. Si tu n'imposes pas dès le départ le modèle des molécules dont la taille ne varie pas et qui ne se cassent pas, je pense que certains élèves vont dessiner des molécules plus petites après compression et il sera très difficile de leur faire comprendre que ce n'est pas le cas. Quelle preuve apporter? Par contre ta démarche permettra d'aborder la propriété d'un gaz comme étant un état physique dispersé et désordonné. L'introduction d'un mélange (comme l'air) me paraît compliqué. Mais je comprends ce choix qui est le plus simple à mettre en œuvre expérimentalement. Par souci de simplification, il aurait mieux valu prendre un corps pur. **Fiana :** Par rapport à la remarque au départ comme je l'ai souligné dans les autres réponses, les élèves auront bien vu qu'une molécule ne change pas de taille, de forme mais je comprends que dans ma présentation ce n'est pas claire !! J'ai en effet longuement réfléchi à mélange / corps pur sur le doc ressources il indique de traiter de façon séparée les deux idées mais j'ai envie de voir si certains élèves vont réinvestir l'idée déjà vue avant que l'air est un mélange si ce n'est pas le cas on verra pour ajouter après une autre analyse corps pur / mélange. **Mathilde :** Après avoir tout lu, je ne comprends pas très bien ce qui dérange Filomène, puisque peu importe le fait que l'air soit composé de molécules différentes, dans tous les cas, elles ne changeront pas de taille, non? Sinon, je ne savais pas que la seringue était bouchée!! Mais alors comment çà marche : ils peuvent quand même enfoncer le piston? L'air passe quand même un peu, jusqu'à un moment où çà coince complètement, c'est l'espace entre les molécules qui diminue, c'est çà? Sinon, je pense que pour une séance c'est bien suffisant, pas nécessaire de mettre l'eau en plus.. Ah oui et j'ai pas bien compris la notion de «modèle ». **Fiana :** Oui la seringue est bouchée car dans la compression l'idée est que la quantité de matière (masse) ne varie pas, c'est le volume qui diminue et comme tu l'as deviné c'est les molécules qui se rapproche les unes des autres parce qu'au

	départ il y a du vide entre elles par rapport à la remarque de Filomène, je l'ai comprise comme une interrogation sur « quel est le minimum à donner pour que les élèves élaborent un modèle moléculaire? » et ma réponse était que je suis d'accord avec elle sur l'idée qu'il faut que soit posé qu'une molécule ne change pas de taille mais en ce qui me concerne cela aura été fait en amont quand ils auront vu que l'air est fait de molécule de dioxygène et diazote. Sinon pour la suite je pars au boulot il faudra attendre ce soir pour un commentaire sur la notion de modèle (ouf !! j'ai la journée pour y réfléchir !!) **Mathilde :** Ok sinon, sur la présentation des 3 élèves et ce qu'ils disent, quelle question tu penses vont-ils se poser: lequel de ces élèves a raison? Ou comment va se compresser l'air? **Fiana :** Ta question met le doigt sur ce qui m'inquiète ou plutôt sur ce que je sais que je ne dois pas louper : le fameux scénario qui amène le problème!! A priori je suis partie pour chercher une image de 3 élèves qui discutent et dans le bulles, il y aurait les 3 phrases mises entre » » Dans ce cas là, je fais chercher individuellement la question scientifique sous-jacente dans la situation, on met en commun et souvent je reformule et la mise en hypothèse commence après. Il n'y a pas dans ce cas d'élèves qui a raison ou pas, leur discussion permet juste d'amener la question. Les élèves ont déjà rencontré au moins 2 ou 3 situations qui se déroulent de cette façon. A chaque fois la mise en question est très délicate, c'est pour cela que je fais une mise en commun et une validation.

2.4.1.2. *MRD$_{étape\ 2}$ de Fiana*

Repères utilisés	Description du travail de prévision permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
Compétences visées **modèle et modèle moléculaire** **Situation déclenchante** **Question**	Remarques suites aux commentaires Les commentaires faits m'ont confirmée que : -1-la notion de modèle sera un élément problématique dans cette activité. Je me demande maintenant si je dois l'aborder comme un pré-requis ou si justement elle est travaillée dans cette activité et on affinera la notion de modèle après ce travail. --> ma décision est que je vais l'aborder le cours d'avant (comment je ne sais pas , je suis à la recherche d'un doc) et qu'on rappellera ce qu'est un modèle scientifique **C1** en début de cours. les élèves auront juste comme modèle que les molécules sont des particules très petites, tellement petites qu'on n'a pas à notre disposition de photographies et qu'à une molécule correspond des caractéristiques précises de taille , de masse, de composition..... **C1** **Mathieu :** Tu pourrais trouver un document vulgarisant l'histoire du modèle de la planète terre pour arriver à la sphère (ce qui n'est pas tout à fait vrai). Il me semble que ça peut amener les élèves sur la voie de la compréhension de ce qu'est un modèle. -2- l'articulation entre la situation de départ (scénario, le problème) et la question est à penser ou à revoir voir fiche «situation déclenchante » la question que j'aimerais posé aux élèves est maintenant :Quel modèle moléculaire peut expliquer la compression d'un gaz ? et la non compression d'un liquide ? j'ai modifié la question car je veux la centrer sur la notion de modèle puis la situation déclenchante (scénario) est venue par mon expérience où j'ai souvent vu des élèves s'énerver à enfoncer le piston et à vouloir faire mieux que le voisin !! Cette situation entre 3 élèves en désaccord à pour but de faire comprendre qu'il faut approfondir cette situation et si possible d'un point de vue scientifique sur la remarque comment les élèves vont réagir, je sais qu'ils ont du mal à voir

Trace écrite: bilan **commentaires sur les hypothèses**	quel problème scientifique est sous-tendu dans une situation courante. Ils vont donc réfléchir en individuel, puis mise en commun et validation d'une seule question. certains élèves n'auront pas d'idées sur la question : ce n'est pas grave. sur la remarque faut-il mettre le mot molécule ou non dans le scénario: je me suis fait mal à la tête et je ne sais pas je vais faire 2 classes où il y a ce mot et 2 classes où dans le scénario apparaît c'est un problème lié à la chimie. sur la remarque faut-il faire ou non la compression de l'eau et l'air en même temps **C2** : je trouve ça plus riche, je pense quand abordant le problème dans sa complexité, on comprend mieux certains points comme pourquoi il y a du vide pour les gaz (j'ai l'exemple et le contre exemple) **C2** **Mathilde :** Pour l'eau, c'est pareil: ils auront le même doc avec la seringue bouchée avec les 2 étapes «départ« et «fin»? mais alors, comment ils comprennent que le piston ne bougera pas de sa position de départ, non, avec l'eau? **Fiana:** pour les affiches supports si tu regardes dans le doc il ya une affiche identifiée pour l'air le piston au départ n'est pas au même niveau que le piston à la fin et une affiche support pour l'eau où le piston au départ et à la fin est au même niveau. je rappelle qu'ils ont déjà fait l'expérience avec l'air et moi j'ai fait l'exp avec l'eau au bureau !! -3- les objectifs de la séance J'ai conscience que cela va être difficile et que comme d'habitude je vais manquer de temps pour faire analyser les différentes propositions et conclure sur ce qui est valide. là je ne sais pas trop comment faire est-ce que je mets une affiche au tableau et je prends des remarques au hasard des élèves ? est-ce qu'un groupe analyse une affiche d'un autre groupe ? les élèves sont plus impliqués mais ça me demande plus de temps peut-être que pour gagner du temps je vais faire 2 groupes sur un modèle pour l'air et 2 autres **C3** sur l'eau **C3**. **Mathilde :** J'aime bien cette idée de scinder les groupes en 2. Et c'est pas mal ton idée d'échanger les affiches des 2 groupes qui ont travaillé sur l'air, pareil pour l'eau,

car çà permet aux élèves de faire un premier tri... Et ensuite, je mettrai toutes les affiches au tableau, aux yeux de tous et je leur demanderai de réagir. Ceux qui n'auront pas travaillé sur le modèle de l'eau seront curieux de voir ce qui les autres ont fait et vice et versa..

Fiana :

voir le point 7) c'est prévu que les affiches soient au tableau

Filomène :

Pourquoi ne pas faire réaliser les deux modèles moléculaires (air et eau) à chaque groupe quitte à n'en afficher qu'une en classe entière et l'autre restera au brouillon sur la feuille A4 que tu vas distribuer de manière à gagner du temps? Cela permettrait d'enrichir le débat par la suite puisqu'il y aura plus d'idées (ou de remarques) apportées. Comme tu le précisais il est dommage de ne réfléchir qu'à une seule partie de la problématique (et ceux qui n'auront pas réfléchi à l'autre modèle vont peut être se sentir perdu lors de la mise en commun). C'est peut être aussi en pensant à la différence de comportement qu'ils arriveront à mettre au point un modèle satisfaisant.

1) Accueil des élèves, il note leur devoir(ex 6p28)

2) présentation de la situation problème (vidéo projetée +fiche)

fiche collée dans le cahier d'exercices.

3) formulation de la question scientifique qui est sous-entendue dans le problème

réflexion individuelle, je passe dans les rangs pour repérer les élèves qui ont une proposition (5min)

mise en commun --> formulation avec mon aide d'une question (5min)

4) mise en groupe (par4): chaque groupe à 1 fiche A4 avec deux seringues bouchées

(voir doc seringues) comme brouillon, puis une affiche plus grande qui sera mise au tableau

ils doivent proposer un schéma qui correspond à leur modèle moléculaire (10min+un rappel 5min de plus)

5) les élèves doivent écrire sous leur cahier : quelles sont les propriétés des

Déroulement de la séance	molécules dessinées (reformulation de la question de ma part à voix haute et inscription sur le tableau: comment votre modèle moléculaire permet-il d'expliquer la compression de l'air/la non compression de l'eau ?) (10 min) 6) les affiches sont échangées entre les 2 groupes sur l'eau et les 2 groupes sur l'air (le modèle proposé est -il valide ?--> 10 min de réflexion) 7) les affiches sont mises au tabelau: débat avec la classe **C4** (il me reste au mieux 10min) quels modèles ne peuvent pas être retenus et pourquoi ? dès qu'une idée est validée --> trace écrite sur le cahier. travail qui continuera sur la séance d'après. je me demande si je peux faire le 2 et le 3 du déroulement la séance d'avant **C5** **C4** **Mathilde :** peut-être que tu peux écrire les remarques des élèves pour valider ou invalider les modèles sur un paperboard, çà peut éviter de faire écrire au fur et à mesure les idées validées. Et du coup, si t'as pas le temps de finir, tu pourras revenir sur ce qui a été dit la séance d'après et faire écrire la trace écrite d'un bloc. **C4** **Filomène :** Tu connais aussi bien que moi nos élèves. Ils n'y réfléchiront pas à la maison et tu vas devoir le reprendre en début de cours suivant quoi qu'il en soit. Oui je suis bien pessimiste... ou réaliste au choix! ** Sur les deux séances avant cette activité** travail sur : l'air : « C'est du vide ou de la matière« : expériences variées sur la matière air puis sur la composition de l'air par un texte historique puis travail sur la notion de modèle en vu de préparer l'activité ** Conclusion de l'activité qui sera écrite par les élèves sur leur cahier** Un modèle est une construction intellectuelle qui permet d'interpréter, de prévoir et d'agir sur le réel. (écrit avant l'activité)

	Le modèle moléculaire a pour propriétés : Une molécule est une particule qui ne change pas de forme, taille. Elle est invariante. Dans un mélange, les molécules sont différentes / Dans un corps pur, les molécules sont identiques. Le nombre de molécules correspond à la quantité de matière(masse) Dans un gaz, il y a du vide entre les molécules. Avec les autre activités, le modèle sera enrichit par les propriétés suivantes. Les molécules sont en mouvement (agitation moléculaire) (propriété tirée de l'interprétation de la diffusion des gaz) Dans les liquides, les solides et les gaz, les molécules ne sont pas organisées de la même façon.

2.4.1.3. *MRD$_{étape\ 3}$ de Fiana*

Auteur principal : Fiana
Niveau : Quatrième
Thème du programme : p17 du programme

Séance mise en œuvre le : mardi 3 décembre 2013

		Thème de convergence : météorologie et climatologie
UNE DESCRIPTION MOLÉCULAIRE POUR COMPRENDRE		
Un gaz est composé de molécules.	Percevoir la différence entre réalité et simulation. Argumenter en utilisant la notion de molécules pour interpréter : - la compressibilité d'un gaz ; - les différences entre corps purs et mélanges.	Le professeur limite la description à ce qui est nécessaire pour l'interprétation des phénomènes pris en compte.

Séance telle que vous l'avez réalisée l'année dernière pour traiter cette partie du programme : voir les fiches de préparations de l'année dernière + les commentaires des collègues

Autres ressources mobilisées : échanges avec une collègue de français du collège

Fiana :

Bonsoir j'ai besoin d'une aide et je me dis que la grammaire peut peut-être m'aider

suite aux travaux de recherche sur la formulation d'hypothèses par les élèves, je me bute à un problème qui est la formulation de la question de départ du problème. J'aimerais savoir s'il y a une différence entre les 3 questions suivantes car pour moi elles amènent les mêmes réponses et pourtant les élèves sont plus que sensibles aux mots de cette question de départ :

-1- Pourquoi y a-t-il une différence entre la compression d'un gaz et celle d'un liquide ?

-2- Comment peut-on expliquer la différence de compression d'un gaz et d'un liquide ?

-3- Qu'est-ce qui explique la différence de compression d'un gaz et d'un liquide ?

je sais que tu as du boulot mais juste si tu peux me dire si oui ou non c'est la même chose ça me suffit

à bientôt

Réponse :

Hello, Pour une analyse péronienne de ton problème de grammaire, je dirais que 2 et 3 sont équivalents, mais que la question «pourquoi« couvre un éventail plus large de réponses possibles. Cet adverbe sous-entend qu'on pourrait imaginer un but à la différence de compression. alors que les

questions 2 et 3 limitent clairement la réponse à l'explication de la cause.
C'est mon analyse du soir en trois coups de cuillère à pot...

Calendrier : interactions du 18 au 29 novembre

Commentaires pour expliquer ma démarche :

j'ai essayé de me rappeler ce qui m'avait interpellée l'année dernière pendant la préparation, pendant la séance et en analysant les propositions des élèves :

- la formulation de la question : c'est trop long

- le mot molécule doit-il être dans la fiche élève (discours du 3ème élève)

- plusieurs groupes (dans mon souvenir : 3) , ont expliqués leurs schémas en disant qu'entre les formes (rondes ou en ligne ou ...), il y a la matière eau/air et que les formes dessinées c'est les molécules !!!!! or les molécules = matières : je ne comprends pas d'où vient ce raisonnement **C1**

Après j'ai relu les fiches et surtout celles avec vos commentaires après la séance.

C1

Mathieu :

Ne serait-ce pas la notion de modèle que les élèves n'ont pas intégrée quand ils dessinent des molécules qui flottent dans l'eau (avec les vagues) ? Cette représentation m'interpelle aussi beaucoup car je crois que j'aurais été capable de la produire.

Repères utilisés	Description du travail de prévision permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures	Commentaires et réflexion pour cette nouvelle séance sur le même thème
Cibler une connaissance	« une description moléculaire pour comprendre » ce qui m'intéresse toujours dans cette compétence c'est « pour comprendre » ou le passage d'une observation macroscopique à une explication microscopique. Je me demande : Quelles vont être les conceptions initiales des élèves sur la structure microscopique de la matière ? Pour préciser la question, je dois choisir le phénomène à comprendre. Comme nous aurons fini la partie sur l'air et que la compression d'un gaz aura été vue mais non expliquée, il me semble logique de cibler	Rien à modifier
Mettre la connaissance sous forme de question	Comment expliquer d'un point de vue microscopique qu'un gaz se comprime ? Comment expliquer d'un point de vue microscopique qu'un liquide ne se comprime pas ? - on aura vu sur l'air : les mots molécules (particule invisible à l'œil nu qui a une forme déterminée, une masse définie), l'air comme les autres gaz sont compressibles (le volume diminue mais la quantité de matière ne change pas)	Rien à modifier Dans la préparation de toute la séquence j'ai essayé d'insister dans mon discours sur le mot matière et son état gaz / liquide (aspect macroscopique)
Critère que je n'avais pas inscrit dans ma liste	- explication de l'idée de modèle en sciences (la notion de modèle est une construction intellectuelle qui permet d'interpréter, de prévoir le réel, ce n'est pas une photographie du réel, je travaille aussi avec les élèves sur la différence entre image	cela reste le point noir **C2** de cette séquence. J'ai plus insisté en optique sur l'idée que le rayon de lumière est un modèle (une façon théorique d'expliquer le réel qui ne correspond à rien de concret) (def discutable certes, il faut

Connaissances nécessaires pour faire l'activité	de synthèse / image réelle) Concept assez difficile à faire passer par mon expérience, je constate qu'en 3ème quand on reprend le modèle atomique : cette idée n'est pas encore évidente pour de nombreux élèves. es élèves peuvent prévoir : - des molécules bien rangées dans un coin de la seringue puis quand on comprime le piston avance jusqu'à ces molécules - les molécules vont devenir plus petites par la compression - certains élèves vont peut-être dessiner 2 types de molécules (dioxygène et diazote) et d'autres un seul type de molécule. remarque : ces hypothèses seront sous forme de dessins, car en phrases ce n'est pas évident de décrire ces molécules. Je donnerai une image d'une seringue avec un piston éloigné puis en dessous la même seringue avec le piston enfoncé. Les élèves devront compléter l'intérieur avec leurs hypothèses sur l'aspect microscopique de la matière Il me faut une situation qui - rappelle la compression de l'air à priori dans une seringue. - évoque la description microscopique de la matière.	absolument que j'améliore ça) **C2** **Mathieu :** Je comprends ton problème. L'idée qu'en optique la notion de modèle est mieux acceptée que sur les molécules me paraît normale : nous ne voyons pas les rayons et ce n'est pas une question de taille ; alors que les molécules, nous ne les voyons pas et c'est peut-être une question de taille... Le mot modèle a du sens pour nous (modélisation), mais on pourrait peut-être trouver autre chose pour nous (modélisation), mais on pourrait peut-être trouver autre chose pour les élèves: schéma, convention, ...; sauf si c'est au programme... **Fiana :** un modèle va au-delà pour moi de l'idée de schéma ou de convention : il apporte la prédiction, l'explication à des phénomènes physiques je pense que dans le programme quand il est annoncé qu'il faut faire percevoir la différence entre réalité et simulation : la notion de modèle a sa place. Par contre c'est vrai que l'année dernière je me souviens que lorsque les groupes étaient bloqués, ma reformulation était «faites un schéma des molécules comme vous les imaginez Sur le début je pense qu'en effet les hypothèses des élèves seront encore sur ces points la nouvelle hypothèse que je retiens est sur le problème de qu'est-ce qu'il y a entre les ronds ou les formes choisies pour les molécules.

Anticiper les hypothèses des élèves **(pour voir si la séance peut fonctionner)**	Je pense montrer 3 élèves qui discutent « je suis plus fort que toi, je vais arriver à enfoncer totalement le piston » « mais non, c'est moi le plus fort !! » « l'intello : ça sert à rien de s'énerver c'est impossible d'aller plus loin, c'est à cause des molécules !! »	→ il faut que les élèves ajoutent une légende à leur dessin. → je garde absolument l'idée du schéma mais donc à compléter par une légende Je n'ai pas envie de garder cette situation déclenchante **C3** car trop de temps sur la formulation de la question. De plus ça ne permet pas plus que ça de faire travailler les élèves sur leurs conceptions initiales J'ai envie de faire plus simple : je suis au tableau **C4** : je remontre la compression de l'air dans la seringue et la non **C5** compression de l'eau liquide. Je pose la question -1-: « Comment peut-on expliquer cette différence de compression entre le gaz et le liquide ? » → j'attends comme réponse : « à cause de l'aspect microscopique de la matière : les molécules (à voir comment ils vont avec leurs mots formuler cela) -2- « Propose un modèle pour les molécules qui permettent d'expliquer la compression d'un gaz et la non-compression d'un liquide » **C3** **Billy :** je pense qu'une des forces de ton début d'activité de ta séance de l'année dernière était précisément l'utilisation de cette image pour motiver les élèves à rentrer au travail. Sur un sujet aussi complexe, il me semble que le problème de

Construire **la situation-problème** **ou** **scénario**		départ nécessite de prendre le temps et d'essayer de le rendre plus accessible à tous par le biais de cette image des 3 élèves qui discutent **Fiana :** je pense que partir des expériences de compression est tout aussi motivant **C4** **Mathilde :** Oui effectivement, çà parait plus simple et donc plus rapide comme çà, car tu demandes uniquement aux élèves d'avoir l'idée que çà vient des molécules alors qu'avant c'était écrit dans la bulle. **C5** **Mathieu :** Si j'ai bien suivi, tu ne l'auras pas faite avant; c'est juste la compression de l'air que tu auras déjà vue. Du coup, j'ai peur que des élèves pensent que c'est une question de force et reste bloqué là-dessus... **Fiana :** En fait dès le début je travaille avec l'air et l'eau car la première démarche d'investigation est «Est-ce que l'air c'est de la matière ou du vide ? » et souvent en contre argument j'amène l'eau. Air et eau sont deux matières transparentes, on peut se déplacer dedans alors que pour l'air ça ne va pas de soit, et quand on étudie la compression je fais voir que le liquide eau est là différent de l'air (gaz)

Déroulement de la séance	1) présentations des expériences (5min, les élèves les ont déjà vues et faites pour l'air) 3) 1ère question écrite sur leur cahier, temps de réflexion 5min en individuel. 4) puis mise en groupe de 4, discussion dans le groupe -->choix d'une hypothèse. 5) je passe dans les groupes voir ce qu'il se dit et je demande lecture de l'hypothèse retenue, en fonction mise en commun en grand groupe si les réponses sont très éloignées de la notion de molécule, sinon je donne une affiche avec la consigne -2- « Propose un modèle pour les molécules qui permettent d'expliquer la compression d'un gaz **OU** la non-compression d'un liquide » (2 groupes sont sur l'air et 2 autres sont sur l'eau **C6** chaque groupe à une affiche A3 avec deux seringues de dessinées, il complète dessus avec leur hypothèse sur la structure microscopique de l'air (une affiche brouillon est donnée) **C6** **Mathieu :** Je pense que c'est en envisageant les deux que tu arrives à expliquer ces phénomènes. Tu ne crois pas qu'en divisant le travail, tu empêches des idées d'émerger ? Si je travaillais sur l'explication de la compression d'un gaz, je ne pourrais m'empêcher de me demander quelle est la différence entre l'eau et l'air; et il me semble que les hypothèses découlent de cela. **Billy :** Ce qui me semble compliqué pour les élèves, c'est que chacun réfléchit à une situation (air ou eau) avec finalement l'idée qu'ils ne peuvent aborder que la moitié du sujet. Est-ce qu'au moment de la mise en commun, tous les élèves sont capables de bien comprendre qu'au final la classe a travaillé sur deux situations distinctes **Filomène :** l'année dernière ce point n'a pas posé plus de difficultés. Ceux sur l'eau semblaient écouter tout autant les remarques sur ceux qu'on fait l'air et même j'ai trouvé que ça les ennuyait moins, il y avait un peu de nouveauté. Et même ils ont bien participé sur le thème opposé, en tout cas je n'ai rien remarqué de différent sur les prises de paroles. Pour répondre à Mathieu, en effet c'est peut-être plus riche de faire les deux réflexions pour chaque groupe, il faut le tester (voilà une piste pour l'année prochaine !!!), mais je trouve intéressante aussi l'idée de faire voir que le travail de chaque groupe apporte un petit peu à la construction du modèle moléculaire, sur cette notion en particulier l'idée d'un savoir construit à plusieurs est profitable, en tout cas dans l'analyse des propositions c'est comme cela que je le tourneet c'est facilité par le fait que tout le monde ne fait pas la même chose 6) Échange des affiches + évaluations par les élèves des affiches + Une feuille avec un tableau **C7** : 2 colonnes « pourquoi le modèle est valide ou non valide ? ». **C7** **Mathilde :** Si je comprends bien, ce qui change ici ce sont les postits que tu ne leur donne plus. A la

	place, ils ont 2 colonnes, et ils rempliront l'une ou l'autre des colonnes? 7) les affiches sont mises au tableau, 8) le débat suivant se fait à partir des grilles d'analyses que je lis **C8** quels dessins/hypothèses ne peuvent être retenus car ils ne sont pas logiques ? → dès qu'une idée fait consensus on l'écrit dans le cahier. **C8** **Mathilde :** çà me paraît être plus simple à gérer que les postits et donner plus de sens à la trace écrite.

2.4.2. MRD' de la Situation S' de Fiana

Repères utilisés	Description du travail de prévision permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
Cibler une connaissance	**« la couleur perçue lorsqu'on regarde un objet dépend de l'objet lui-même et de la lumière qui l'éclaire »** programme de 4ème. Pourquoi cette connaissance plutôt qu'une autre ? - l'année dernière bcp d'élèves ont été en difficulté pour faire la différence entre les phénomènes liés à la lumière colorée et donc aux fonctionnements du filtre / aux phénomènes liés à la couleur des objets.
onnaissances nécessaires pour faire l'activité	Dans le 1er phénomène : on est sur le filtre qui laisse passer une lumière colorée et absorbe les autres Dans le 2ème phénomène : on est sur la lumière qui est reçue puis diffusée.
Mettre la connaissance sous forme de question	**→ la confusion des élèves m'a mise sur la piste qu'il devait y avoir des résistances donc des conceptions initiales à mettre à l'épreuve donc l'idée d'une démarche d'investigation avec hypothèses s'impose.** La lumière blanche est la superposition de toutes les lumières colorées. La 1ère idée était « pourquoi un objet a une couleur ? »
Anticiper les hypothèses des élèves (pour voir si la séance peut fonctionner)	mais en fait la question n'était pas assez problématique alors après j'ai eu l'idée de « pourquoi un objet change de couleur ? » (en précisant que ne le peint pas) Je m'attends à des réponses du genre « à cause des reflets d'un mur » « car on l'éclaire avec une lumière colorée »
Construire **la situation-problème** **ou** **scénario**	peu d'idées sur ce qu'ils ont en tête sur ce thème car d'habitude je leur fais faire un TP guidé. (voir annexe) Pour être sincère, cette séance a été montée un soir , la veille de la faire, donc pas trop le temps de trouver une situation déclenchante très poussée.
Déroulement de la séance	J'ai donc repris l'image des 3 élèves qui discutent . J'ai ensuite hésité sur l'objet à prendre (un légo ...) puis j'ai pensé me mettre en scène avec ma. → voir la fiche élève. J'applique le même déroulement que pour toutes mes situation investigations : 1) présentation de la situation problème (vidéo projetée +fiche)

	2) formulation de la question scientifique qui est sous-entendue dans le problème (réflexion individuelle, avec passage du prof pour pousser à faire ce travail) 3) Mise en commun : je dis 3 ou 4 questions types que j'ai lu → choix sur une formulation. (la classe qui va être observée a déjà fait ça) 4) Réflexion individuelle sur l'hypothèse sous contrôle du prof pour vérifier que tout le monde a bien une proposition. 5) mise en groupe (par4): chaque groupe à une affiche A3 ils doivent formuler une seule hypothèse. 6) réflexion sur l'expérience à faire pour tester l'hypothèse, la valider ? Brouillon donné aux élèves. Le professeur insiste pour que les élèves tracent le trajet des rayons de lumières. 7) sur une deuxième affiche l'expérience est dessinée. Le professeur ramasse les affichent des groupes et par rapport à une question que je me pose qui est « que retiennent les élèves de ce temps de groupe ?» je vais demander aux élèves de compléter seul leur fiche avec ce qui vient d'être fait sans forcément me mettre les même mots mais pour voir ce qu'ils ont retenus → dans une autre séance 8) je donne par groupe une bassine contenant un petit morceau de tissu blanc un filtre bleu un carton bleu une lampe avec générateur ils devront faire ou pas leurs expériences je dois alors passer dans chaque groupe pour conclure avec eux sur leur hypothèse et sa validité et sur leur expérience correcte ou non. Pour ceux en avance, ils devront me proposer des schémas qui expliquent que dans un cas le tissu est blanc et dans l'autre bleu. ** Conclusion de l'activité qui sera écrite par les élèves sur leur cahier** • *les dessins des expériences ayant été scannés, je les corrige au tableau.* • *bilan sur le cahier de leçon : la couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire et de l'objet lui-même. Un objet reçoit d'abord de la lumière et ensuite il diffuse une autre(s) lumière(s) qui fait que l'observateur le voit d'une certaine couleur.* *Schéma avec le tracé des lumières colorées sur un exemple.*

2.5. MRD de Billy

2.5.1. MRD de la Situation S de Billy

2.5.1.1. MRD$_{étape\ 1}$ de la situation S de Billy

Auteur principal : Billy
Niveau : quatrième
Thème du programme : La divergence lithosphérique

Séance telle que vous l'avez réalisée l'année dernière pour traiter cette partie du programme : mettre tous les documents à disposition dans votre dossier (document de préparation, fiche élève, …)
C'est globalement la même séance que l'année dernière
Autres ressources mobilisées :
Manuel scolaire (Edition Belin, 4ème svt, page 172,175, 184, 186)
You tube pour le film: Les grands fonds marin partie 3 (durée: de 0mn18sec à 6mn20sec)
Site internet d'Eric Jourdan pour les logiciels (http://jourdan.eric.pagesperso-orange.fr/logiciel.htm)
et ...
Ma maman pour la fabrication des maquettes
et...
Mon talent pour le reste lol !!!

Repères utilisés	Description du travail de prévision permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
1) Cibler une connaissance	La notion construite a faire travailler est: «**L'écartement de 2 plaques lithosphériques**, au niveau de la dorsale, **crée des montées** de **magma** qui viennent combler l'espace disponible : c'est **l'accrétion océanique.** La lithosphère océanique nouvellement formée repousse de chaque côté de l'axe de la dorsale**,** à la manière d'un double tapis roulant, la lithosphère plus âgée. Ainsi les plaques s'éloignent, les océans s'agrandissent : on parle « **d'expansion océanique**. » Dans cette séance plusieurs compétences seront mises en jeu: **Compétence 1 du socle commun :** -utiliser un vocabulaire scientifique adapté - rendre compte à l'écrit et à l'oral d'un travail individuel et collectif **Compétence 3 du socle commun:** - Pratiquer une démarche scientifique **Compétence 4 du socle commun:** - Utiliser un modèle - Utiliser un logiciel de simulation **Compétence 7 du socle commun:** **-** Rechercher l'information utile, l'analyser, la trier, l'organiser Cette activité dure 1h30 donc 2 séances (la séance où vous viendrez sera consacrée à l'émission d'hypothèse et sera donc en lien avec notre objet d'étude)

2) Mobilisation des Pré-requis	A partir de la séance précédente **C1** les élèves devront maîtriser les définitions de lithosphère océanique, de lithosphère continentale et d'asthénosphère. Pas de rappel en début de cours: <u>les élèves doivent apprendre ces définitions chez eux</u> **C1** **Mathieu :** Tu fais quoi dans cette séance précédente? **Billy :** une activité sur la structure de la Terre où on definit l'organisation horizontale en plaques lithosphériques et l'organisation verticale en lithosphère et asthénosphère
3) Élaboration d'une situation initiale ***document projeté collectivement sur des données GPS (voir en annexe)***	Projection d'un document sur des données GPS qui permettent de montrer l'existence de zones géographiques qui sont le siège de mouvements de divergence. Par l'intermédiaire d'une réflexion collective **C2**, les élèves devront définir ce qu'est un mouvement de divergence et identifier la zone qui est le siège de ces mouvements (= dorsale) **C3** **C2** **Mathieu :** Réflexion collective que tu animes en posant des questions précises ou du style qu'en pensez-vous? **Billy :** Les élève devront dans un premier temps décrire le document (repérage géographique des zones, ...) puis devront expliquer la signification de la valeur GPS pour en déduire un éloignement des plaques et donc un mouvement de divergence. Globalement j'encadrerais le dialogue en ajoutant ponctuellement des explications supplémentaires (technique GPS, concept de divergence,...). Ce sera donc plutôt style «qu'en pensez-vous ?« mais en fonction des réponses des élèves, je pourrais être amené à les recentrer plus précisément sur la thématique étudiée. **C3** **Mathilde :** J'ai un peu du mal à voir comment à partir du Doc sur les données GPS, les élèves peuvent en déduire que c'est la dorsale le siège des mouvements car çà pourrait être n'importe où ailleurs dans l'océan ? Ton doc dit que l'océan s'agrandit de 2,4 cm/an mais on voit pas où. **Billy :** Il ne faut pas raisonner à partir de l'océan mais en termes de plaques lithosphériques: ici on a deux plaques qui s'éloignent de part et d'autres d'une frontière (= dorsale) qui est donc au centre de ce mouvement. Les données GPS ne parlent pas d'une ouverture océanique mais de l'éloignement des deux villes appartenant à deux plaques distinctes. L'ouverture de l'océan n'est qu'une conséquence de ce mouvement

4) Formulation du problème	A partir de la situation initiale, les élèves devront collectivement formulé le problème qui est suggéré par celle-ci. Exemples: Que se passe-t-il au niveau d'une frontière de divergence? Quels sont les phénomènes associés à une zone en divergence? ...
5) Emission d'hypothèses ***-maquette individuelle*** ***-logiciel collectif sur la valse des continents (voir en annexe)***	Afin de proposer une séance innovante sur le thème de l'hypothèse, je propose une modélisation qui permettra l'émergence de l'hypothèse répondant précisément au problème posé **C4**. Pour la mise en œuvre et les consignes, je vous laisse regarder la fiche élève en annexe Cette modélisation permettra aux élèves de visualiser la mécanique du mouvement de divergence et de conceptualiser l'idée d'une formation de lithosphère océanique au niveau de la dorsale océanique. **C5** Hypothèse attendue: **La dorsale est une zone de production de lithosphère océanique** ***Remarque:*** *il s'agit bien ici d'une hypothèse car la modélisation n'a aucune vocation démonstrative. Elle n'est qu'un outil de support et d'aide à la conceptualisation et à l'émergence d'une hypothèse !!!* **C4** **Fiana :** Pourquoi n'utilises-tu pas les docs d'avant pour valider les hypothèses? je n'arrive pas à voir ce qu'ils ont de différents en termes d'apport théorique? **Billy** : Les docs du départ ne permettent que de s'interroger et de proposer des hypothèses mais ne rendent pas compte des évènements géologiques qui se déroulent au niveau des dorsales. Ils ne permettent pas d'avancer un quelconque apport théorique. Suite aux hypothèses, le film présente ce qui se passe au fond de l'océan atlantique et le logiciel permet d'intégrer ces observations pour valider l'hypothèse proposée. Cette activité avance pas à pas en suivant la chronologie d'une démarche scientifique dans un cadre pédagogique adapté à des 4èmes **Fiana :** J'ai été surprise de voir que la modélisation venait comme support pour faire émettre des hypothèses, je la verrais plutôt comme tu en fais d'ailleurs la remarque comme une validation/une démonstration. si je résume, les élèves ont une vidéo comme situation déclenchante pour formuler une question puis différents modèles (logiciels et maquette) pour émettre des hypothèses ça fait beaucoup, car tous ces supports sont sur la même idée, je ne sais pas c'est peut-être mieux, je me questionne ?! **Billy :** Dans mon idée, une modélisation n'est qu'une vision simplifié, virtuelle de la réalité qui permet de mieux s'approprier des contextes géologiques non accessibles par des sorties ou des observations directes et qui permet donc éventuellement d'émettre des hypothèses mais pas de les valider. Par ailleurs, j'ai essayé dans cette séance de décortiquer au maximum l'étape d'émission d'hypothèses d'où l'utilisation de supports variés pour rendre cette séance motivante et attractive **C5**

	Filomène : J'ai du mal à voir à quoi ressemble la maquette individuelle faite par ta maman... Tu aurais une photo ou peux tu nous la montrer au collège? **Billy :** je te la montrerais au collège, ce sera plus simple pour expliquer son fonctionnement **Mathilde :** Comme Filomène, j'ai hâte de voir cette boîte!! **Billy :** Ok
6) Vérification et validation de l'hypothèse proposée ***- manuel scolaire*** ***- film sur la dorsale médi-océanique (voir en annexe)*** ***- logiciel de simulation de la tectonique divergente (voir en annexe)***	Cette étape n'est pas au programme de notre travail collaboratif mais je vous la résume très succinctement. Les élèves vont par l'intermédiaire d'un film, d'un document du livre et d'un logiciel vérifier et finalement valider l'hypothèse proposée. Pour les étapes du raisonnement, je vous laisse regarder les consignes de la fiche élève. **C6** **Fiana :** Pour l'instant après une 1ère lecture pas de commentaires, j'ai besoin de digérer il ya trop de notions sur lesquelles je n'ai pas de connaissances donc ça me parle peu et je ne sais pas comment formuler mes questions. La nuit sera bénéfique, peut-être demain. Désolée **Billy :** pas de soucis et merci de l'avoir fait hier et puis finalement comme on dit «pas de nouvelle bonne nouvelle» lol !!!

2.5.1.2. *MRD$_{étape\ 2}$ de la situation S de Billy*

Repères utilisés	Description du travail de prévision permettant d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
	A la suite de vos remarques et de la réunion de midi où la critique de certains points de mon activité ont été évoqué, j'ai décidé d'apporter quelques éclaircissements et de procéder à quelques modifications afin de prendre en compte vos avis sur mon travail. 1) Je suis obligé de faire des rappels en début de cours: je pars en sortie scolaire les deux lundi avant la séance et le jeudi où je devais les voir ils sont au cinéma ce qui suppose que je ne verrais pas du tout mes élèves durant deux semaines ce qui suppose qu'à cette période de l'année où les notes seront arrêtées et que les élèves ne viendront vraisemblablement pas en classe en ayant révisé, je serais amené à faire des rappels. 2) Je ne modifie pas mon document de départ mais j'aimerais souligner de nouveau qu'il ne permet pas de valider une hypothèse C1 mais seulement d'observer une divergence de part et d'autres de la dorsale: cela est un élément indiqué dans le titre du document et qui est le fondement essentiel de ce document que les élèves devront observés et assimilés (voir remarque de Mathilde) **C1** **Filomène :** Je sais que nous en avons déjà discuté mais ne penses tu pas qu'en proposant la maquette tu orientes franchement la réflexion des élèves dans une certaine direction? Je veux dire par là que sans valider une hypothèse, la maquette pointe du doigt le problème crucial du mouvement des plaques. Sans la maquette les élèves auraient pu proposer une autre explication bien plus logique à leurs yeux qu'un écartement des deux plaques lithosphériques. Tu aurais ainsi pu connaître leurs idées sur le sujet. Si tu conserves ce format, à quel type d'hypothèse t'attends tu? **Billy :** en fait l'hypothèse n'est pas l'écartement des plaques, il faut proposer une explication à cet écartement et la maquette ne leur permet que de visualiser un élément géologique qu'ils n'ont jamais vu donc sans la maquette proposer une hypothèse n'aurait pas beaucoup de sens pour une part non négligeable d'élèves. Cela étant je suis d'accord que mon activité est un peu formaté mais ma volonté était d'intégrer une aide car j'en avais parlé durant les réunions et ca me paraissait fun d'en montrer un exemple. Après je suis complètement d'accord qu'il ne faut pas faire ca pour chaque activité et d'ailleurs la majorité du temps la proposition d'hypothèse se fait sans support mais ici j'ai voulu prendre ce risque car c'était une des choses que j'avais proposé en réunion. **Filomène :** Désolée, je n'ai pas compris alors... Je pensais que l'hypothèse portait sur l'écartement des plaques. Dans ce cas, tu t'attends à quelles hypothèses de la part des élèves pour expliquer cet écartement? **Billy :** j'ai fait cette activité aujourd'hui avec une autre quatrième et comme hypothèse j'ai eu le rôle des séismes dont le tremblement conduirait à l'écartement, d'autres groupes ont pensé au volcanisme avec une remontée de magma qui pousserait au niveau des dorsales et qui permettrait un écartement mais aucun groupe n'a vraiment préciser une formation de lithosphère océanique au niveau des dorsales. En fait, j'ai essayé de demander des hypothèses avant la maquette et là c'était le blanc intégral avec des élèves qui sans surprise n'arrivait pas à se représenter la dorsale et qui du coup me proposaient que des choses très évasive et sans aucun fondement. La grosse difficulté est que beaucoup d'élèves n'avaient pas révisé et sont arrivés

sans maitriser les éléments de structure de la Terre ce qui les a bloqué presque immédiatement et ce qui a rendu la séance très chaotique et ce qui m'a obligé à beaucoup intervenir pour les aider ou les orienter ce qui est un peu frustrant lorsque on décide de faire une séance où au contraire on aimerait voir les élèves travailler en autonomie.

3) En ce qui concerne le terme de modèle par rapport à l'utilisation de ma maquette (remarque de Fiana), je me contenterais de citer la définition de modèle suivant le dictionnaire :

« Le terme modèle C2 ... est utilisé pour désigner :

- soit un concept ou objet considéré comme *représentatif d'un autre* (exemple : le « modèle réduit » ou maquette , le « modèle » du scientifique), déjà existant ou que l'on va s'efforcer de construire .
- soit un objet *réel* dont on va chercher à donner une représentation, que l'on va chercher à imiter (exemple : le « modèle » du peintre, le «modèle » que constitue le maître pour le disciple).

Cette définition n'est peut être pas universelle C3 mais je m'en contenterais pour assumer l'utilisation du terme de modèle pour l'emploi de ma maquette.

C2

Fiana :

si cette classe a suivi mon cours, tu peux faire référence au modèle moléculaire et je pense que les élèves de Filomène l'ont vu aussi mais je crois en début d'année.

Billy :

ils sont avec Filomène et oui j'aurais pu mais je resterais sur de la svt pour cette séance sans d'ailleurs forcément insister sur la notion de modèle car je leur en ai déjà fait 3 fois cette année

C3

Fiana :

pour moi le problème ce n'est pas qu'elle n'est pas universelle mais je prendrais en exemple pour la 2ème phrase des situations scientifiques (le modèle du rayon lumineux, le modèle moléculaire, ...)

Billy :

oui mais une fois de plus je ne compte pas rentrer dans une discussion infinie autours du mot modèle et cela d'autant plus que dans cette activité je n'utilise qu'une maquette qui n'est qu'une aide de réflexion en plus pour que tout les élèves puissent essayer de proposer des hypothèses. Cette maquette n'a qu'un rôle ludique pour rendre attrayant la recherche d'hypothèse.

Filomène :

Je ne pense pas aussi qu'insister sur le mot modèle soit judicieux et opportun. Les élèves vont surtout considérer que c'est une maquette et c'est largement suffisant pour l'activité. Il n'est pas nécessaire d'ajouter une difficulté. On a bien vu avec l'activité de Fiana que ce n'est pas une notion simpliste...

Billy :

oui je suis d'accord

4) Concernant l'utilisation de la maquette, je reprendrais quelques points essentiels:

- à partir des remarques de Fiana et Mathilde qui trouve que je pourrais me passer de la maquette, et de demander directement une hypothèse après le document de départ C4, je répondrais que oui c'était possible C5 (et c'est d'ailleurs ce que je fais dans 99% de mes activités) mais dans le cadre de notre projet, j'ai décidé d'inventer un support qui motive et incite tout les élèves à travailler autours de la proposition d'hypothèse: c'est un choix que je me dois d'assumer
- d'après les remarques de Fiana et Filomène qui trouvent que je guide trop les élèves vers l'hypothèse, j'ai décidé de laisser les consignes d'utilisation de la boite, mais de supprimer l'avant dernier point afin qu'ils recherchent avec un peu plus de liberté une hypothèse.
- j'ai décidé de ne pas évoquer l'âge des roches directement dans cette étape mais de garder cet élément dans la validation ultérieure de l'hypothèse.

-concernant l'attente d'une activité plus «bouillonnante» et avec un profil GFEN (remarque de Mathilde), j'en appellerais à ma liberté pédagogique et à mon choix personnel de vouloir une activité un peu trop cadré mais dans laquelle des élèves du type Barbusse se sentent plus en confiance ce qui me ferait citer Alfred de Musset: «Qu'importe le flacon pourvu qu'on ait l'ivresse »

C4
Filomène :
Si je ne me trompe pas, le document de départ représente des données GPS montrant l'écartement des plaques. N'est-ce pas suffisant pour emettre une hypothèse? J'ai un peu l'impression que la maquette est un jeu pour rendre plus attrayant la séance et qu'elle n'apporte rien de nouveau par rapport aux données GPS.
Billy :
oui et non. Oui c'est effectivement pour partir d'un exemple attrayant mais la motivation des élèves représente une part importante du travail de préparation d'un enseignant et c'est pour moi un plus non négligeable si on veut que tous les élèves se mettent en situation de travail.
Non cette maquette n'est pas une copie des données GPS car elle a un avantage fondamental: elle permet à chaque élève de pouvoir s'immerger au contact d'une dorsale et donc de s'interroger et de proposer une hypothèse à l'écartement des plaques. En fait elle a un intérêt qui est plus sur la forme que sur le fond mais je comprends que ce choix soit discutable car oui on pourrait imaginer ne pas l'utiliser mais avec un risque plus important d'avoir des élèves qui ne rentreront pas dans l'activité

C5
Fiana :
bon j'insiste mais je trouve qu'en lisant le doc élève tu pourrais juste laisser 5 min aux élèves qu'à l'oral pour voir une fois le prob-question lu, quelles sont leurs hypothèses? ça serait intéressant et après tu enchaines sur le modèle pour compléter ces 1ères hypothèses
Billy :
L'objectif que je me suis fixé lorsque nous avons décidé de travailler autours de l'hypothèse c'est de permettre à tout les élèves d'essayer d'être en situation de pouvoir en émettre une et cela quelque soit son niveau ou son attrait pour ma discipline. Si je fais ce que tu me dis, alors j'aurais comme d'habitude les mêmes élèves qui proposeront des hypothèses et les mêmes autres qui ne feront pas cet effort et cela je ne le veux pas pour une séance dédiée à la recherche d'hypothèse. Mon but n'est pas d'avoir de bonnes hypothèses proposées par des élèves pour lesquels je n'ai aucun doute qu'il puissent y arriver sans ma maquette mais simplement que chacun puisse prendre le temps d'essayer d'en proposer une sans être ni influencé par les propositions des autres, ni d'avoir peur de dire une bêtise et donc de ne pas participer et donc de rester passif ou d'être stressé par une étape brutale de 5 mn qui ne convient pas à certains élèves qui ont besoin de se poser un moment avant de proposer quelque chose.
Lors de ta séance (que j'ai d'ailleurs apprécié) j'ai remarqué que dans trois de tes groupes de 4 élèves, il y a eu un élève dominant qui par son influence (ou simplement sa notoriété de bon élève) contraignait (sans faire de mauvais esprit d'ailleurs) les autres à aller dans son sens, en les empêchant en partie de vraiment pouvoir faire ce travail de réflexion d'hypothèse par eux-mêmes et c'est pourquoi j'ai décidé de ne faire que des groupes de deux élèves (pour limiter au maximum l'effet de groupe) et cela sans étape préalable à l'oral pour que chacun puisse profiter de cette séance pour essayer de proposer une hypothèse de la manière la plus égale et la plus indépendante possible.
En conclusion, mon objectif principal n'est pas d'avoir la bonne hypothèse mais simplement que chacun essaye (avec succès ou pas) d'en proposer une.
Filomène :
Je suis d'accord avec toi, il y a toujours des élèves qui sont meneurs et d'autres qui

n'ont pas d'idées. Mais est-ce vraiment un problème? Le but de ce type de démarche est de faire réfléchir nos élèves sur un sujet donné. Même si un élève n'a pas de proposition d'hypothèse au tout départ, il peut tout de même participer au débat, entrer en discussion avec les membres de son groupe, dire ce qu'il pense de l'hypothèse formulée et la modifier en apportant ses idées.

Billy :
oui dans un monde idéal (et un peu bisounours lol) ca doit pouvoir exister mais mon peu d'expérience m'a déjà convaincu qu'un élève qui n'est pas rentré dans le sujet et qui reste à subir les autres élèves fait rarement et très péniblement l'effort de revenir dans le sujet. Dans cette activité sur l'hypothèse j'ai juste voulu que tout les élèves démarrent ensemble (d'où l'utilisation de la maquette) et qu'ils essayent d'en proposer une sans influence trop importante de l'effet de groupe.
Une fois de plus c'est un choix discutable et d'ailleurs je ne le fais évidemment pas tout le temps mais justement c'était l'occasion de le faire et permettre à tous d'essayer de proposer une hypothèse et voir que finalement tout le monde peut le faire. Pour moi, j'espère que cette séance en toute fin d'année pourra apporter un peu d'optimisme à des Furkan, Annissa, Nassima, Alsény, Sultan, Chaoid, Steven, sans pour autant empêcher des Enzo, Hani , Nassim ou Maurane de travailler et de se faire plaisir aussi.
Filomène :
Laisse-moi vivre dans mon monde de bisounours ! Tu es vraiment un prof blasé ! C'est justement aussi le but de ce type de démarche de remotiver l'élève et en général cela fonctionne (bon allez peut être pas pour Furkan je le concède...)
Billy :
oui je suis à fond d'accord avec toi et c'est bien ce que je t'ai écris en dessus, je ne souhaite que permettre que tout les élèves se fassent plaisir avec cette activité mais en ce qui me concerne je maintiens que mon travail de préparation doit intégrer le fait que beaucoup d'élèves ont des difficultés à se motiver et à travailler, c'est une réalité de terrain et il faut faire avec sans pour autant que ce soit blasant : au contraire c'est un challenge qui est excitant mais difficile à toujours atteindre pour chaque séance et comme l'a dit Louis Pasteur: «le hasard ne favorise que les esprits préparés « et donc j'essaye au maximum de préparer cette séance en pensant à tous ceux qui auront des difficultés à la surmonter.
En fait je ne suis pas un prof blasé mais comme le disait les Monthy Python: « Celui qui s'attend au pire n'est jamais déçu« et c'est pourquoi je préfère baliser le terrain et préparer une séance qui permette à tous d'essayer de proposer une hypothèse.
Mathilde :
Bon, j'ai l'impression que tout le questionnement porte sur les conditions dans lesquelles sont les élèves pour pouvoir émettre des hypothèses et sur la nature des hypothèses acceptables. Je m'explique: ça peut être les prérequis ou/et des règles posées à respecter. (exemple: règle de Fiana au tout début : les molécules sont invariantes.)
Si j'ai bien compris, Billy pense qu'avec le doc sur la dorsale et ce qu'ils savent d'avant, les élèves ne peuvent pas imaginer ce qui va se passer. Est-ce qu'ils connaissent la composition du fond de l'océan atlantique avant l'activité ? Que connaissent-ils des roches qui composent le fond marin ?
Et ensuite, se pose la question de quelles hypothèses sont visées?
Par exemple, moi qui n'y connais pas grand chose sur la composition des fonds marins, après la premier doc sur la dorsale, j'aurai tendance à émettre comme hypothèse, qu'il doit y avoir la formation de matière venant du fond de la terre pour combler le trou formé par l'extension des deux plaques.
Donc si j'ai bien compris, Billy, tu ne penses pas que tous les élèves vont être mobilisés à la suite de ce premier doc pour proposer des explications à ce phénomène d'extension.

5) J'ai décidé de supprimer l'évaluation: les conseils de classe commencent avant ma séance et j'aurais donc déjà rendu mes notes

2.5.1.3.MRD$_{étape\ 3}$ de la situation S de Billy

Repères utilisés	**Description de mon travail de préparation permettant de construire une séance qui permette d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures**
1ère étape : Anticiper les hypothèses **C1** (annuellement) **C1** **Fiana :** J'imaginais vu l'intitulé du repère que t'essayer de deviner quelles pourraient-être les hypothèses des élèves	Préambule : J'ai décidé de modifier l'ordre de mes repères par rapport à l'année dernière en appliquant ma proposition de présentation des repères du document synthétique présent dans le fichier : Préparation réunion janvier 2014 En début d'année lors de la préparation de ma progression annuelle, j'ai défini des objectifs à atteindre pour chacune de mes activités et dans ce sens j'ai décidé de mettre l'accent sur la formulation d'hypothèses au niveau de certaines séances qui à mon sens sont les plus appropriées pour que les élèves se forment à ce savoir-faire. Ainsi, l'une des activités que j'ai sélectionnée correspond à celle que je vous propose dans ce document.
2ème étape : Cibler une connaissance	La notion construite à faire travailler est: «**L'écartement de 2 plaques lithosphériques**, au niveau de la dorsale, **crée des montées** de **magma** qui viennent combler l'espace disponible : c'est **l'accrétion océanique.** La lithosphère océanique nouvellement formée repousse de chaque côté de l'axe de la dorsale**,** à la manière d'un double tapis roulant, la lithosphère plus âgée. Ainsi les plaques s'éloignent, les océans s'agrandissent : on parle **d'expansion océanique**. »
3ème étape : Élaboration d'une situation-problème et choix du problème J'ai décidé d'intégrer à l'intérieur de ce repère les pré-requis qui sont pour moi une des composantes intrinsèque de l'élaboration de ma situation de départ ET le choix du problème qui n'est finalement que l'aboutissement de ma	Elle est identique à l'année dernière Pré-requis : A partir de la séance précédente les élèves devront maîtriser les définitions de lithosphère océanique, de lithosphère continentale et d'asthénosphère. Rappel en début de cours: contrairement à ce que je proposais l'année dernière et ayant vu que ces rappels ont été bénéfique (voir fiche« avis sur mon travail de préparation » de Filomène), je propose 5mn (pas plus comme le suggère Filomène) en début de cours pour faire un point sur la séance précédente à l'aide d'un schéma qui récapitule la position de ces 3 termes sur une coupe du globe terrestre.

situation-problème. (temps estimé :15 mn)	Projection d'un document sur des données GPS qui permettent de montrer l'existence de zones géographiques qui sont le siège de mouvements de divergence. Par l'intermédiaire d'une réflexion collective, les élèves devront définir ce qu'est un mouvement de divergence et identifier la zone qui est le siège de ces mouvements (= dorsale) A partir de la situation initiale, les élèves devront collectivement formulé le problème qui est suggéré par celle-ci. Exemples: Que se passe-t-il au niveau d'une frontière de divergence? Quels sont les phénomènes associés à une zone en divergence? Je ne change pas le scénario élaboré pour ma situation initiale qui a eu un retour positif si je m'en tiens aux remarques des fiches «avis sur mon travail de travail de préparation« de Fiana et de Filomène.
4ème étape : Émission des hypothèses (20mn)	J'ai décidé cette année de travailler en deux temps: - dans un premier temps et comme le préconise la fiche «avis sur mon travail de préparation« de Mathilde, je demanderais à chacun des groupes (5 ou 6) de rechercher une hypothèse pour expliquer comment peut se produire ce phénomène de divergence **C2** directement à la suite du document GPS. Pour cette étape je n'attends qu'une hypothèse brute (piste d'idées, pas de lien avec le problème posé) sans explication des élèves. (Temps estimé : 5mn). **C2** **Fiana :** est-ce la question qui correspond à ta situation problème ? car au dessus tu donnes deux autres formulations ? et si j'ai bien compris l'hypothèse attendue est du genre «le phénomène de divergence peut se produire si il y a du magma qui remplit le trou« Perso, je trouve mieux la question en «comment» que «quels sont les phénomènes» qui amènent les élèves à faire une liste plus qu'une hypothèse A ce niveau, il n'y aura pas de mise au point collective mais certains groupes auront peut-être déja une hypothèse en observant via le document GPS que si les lithosphères s'éloignent de part et d'autres de la dorsale alors il devrait y avoir un trou qui s'agrandirait au fond de l'océan mais comme ce trou n'est pas visible sur le document GPS alors il y a un phénomène qui doit compenser cet écartement (sans forcément penser à du magma). En parallèle d'autres groupes vont peut-être penser au magmatisme sans forcément avoir une idée

Repère transversal: identifier les aides à apporter aux élèves	de pourquoi. - afin de poursuivre, je donnerais la maquette mais pour gagner du temps je donnerais directement la légende de la bandelette afin que le temps disponible ne soit occupé que par la recherche d'hypothèses. Dans cette deuxième étape, la maquette ne sera qu'une aide pour se projeter en 3D (avis de Filomène) et de ce fait j'attends des élèves que leur choix d'hypothèse soit expliqué (ou autrement dit argumenté). Par exemple, le fait de voir les bandelettes s'éloigner sans apparition d'un trou au fond de l'océan mais avec au contraire une remontée de matière leur permettrait d'étayer leurs hypothèses de départ et ceci indépendemment de l'hypothèse d'où ils seraient partis dans la première étape. En effet, si ils sont partis de l'écartement alors ils pourront grâce à la maquette argumenter sur le rôle du magma qui comblerait l'espace en produisant de la nouvelle lithosphère océanique ET s'ils sont partis du magma sans trop savoir pourquoi, grâce à la maquette ils pourront mieux imaginer des explications sur son rôle dans la dynamique de divergence. Pour finir et bien appuyé sur le rôle de ma maquette, je reprends ma remarque de l'année dernière (et donc en vert): ***Remarque:*** *il s'agit bien ici d'une hypothèse car la modélisation n'a aucune vocation démonstrative. Elle n'est qu'un outil de support et d'aide à la conceptualisation et à l'émergence d'une hypothèse !!!* **C3** **Fiana :** je ne comprends pas la remarque, concept versus modèle Pour permettre de répondre à la diversité de chacune des situations et à l'hétérogénéité des élève, la maquette apparaît dans la fiche «avis sur mon travail de préparation« de Mathilde être un bon moyen de susciter leur curiosité, de les accrocher au sujet proposé. En outre, la possibilité de réfléchir en 3D semble indispensable pour que les élèves puissent réellement proposer des hypothèses fondés sur un raisonnement ou une intuition maîtrisée plutôt que sur une hypothèse hasardeuse sans qu'ils aient ni l'idée du pourquoi ils la proposent Au final, le temps estimé est de 40 mn (5+15+20), ce qui me laisserait théoriquement 5/10 mn pour faire un point collectif mais avec tout les aléas d'un cours, je pense plus le faire de nouveau à la séance suivante ce qui n'est pas trop contraignant car cela permet de redémarrer sur ce sujet et du coup de mieux appréhender le film qui permettra par suite de valider les hypothèses.

2.5.2. MRD' de la situation S' de Billy

Auteur principal : Billy
Niveau : quatrième
Thème du programme : La commande nerveuse

Séance mise en œuvre le : 3 février

Séance telle que vous l'avez réalisée l'année dernière pour traiter cette partie du programme: voir séance de l'année dernière cette séance n'était pas centrée sur l'émission

Autres ressources mobilisées :
Réflexion du groupe de travail IFE

Manuel scolaire (Edition Belin, 4ème svt) :

You tube pour les films: Film flasch mob des élèves et film sur un jongleur

Repères utilisés	Description de mon travail de préparation permettant de construire une séance qui permette d'engager les élèves dans l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures
1ère étape : Anticiper les hypothèses (annuellement) **2ème étape :** Cibler une connaissance	Préambule : J'ai décidé de modifier l'ordre de mes repères par rapport à l'année dernière en appliquant ma proposition de présentation des repères du document synthétique présent dans le fichier: Préparation réunion janvier 2014 En début d'année lors de la préparation de ma progression annuelle, j'ai défini des objectifs à atteindre pour chacune de mes activités et dans ce sens j'ai décidé de mettre l'accent sur la formulation d'hypothèses au niveau de certaines séances qui à mon sens sont les plus appropriées pour que les élèves se forment à ce savoir-faire. Ainsi, cette activité a été sélectionnée car elle a l'avantage de permettre de formuler des hypothèses multiples tout en laissant la possibilité aux élèves de pouvoir justifier leurs choix Cette séance est le préambule à une série d'activités qui viseront à déterminer quels sont les organes impliqués dans la commande du mouvement. Par le biais de cette séance nous aurons des hypothèses qu'il nous faudra valider au cours des 3 séances qui suivront. De manière globale (c'est à dire sur l'ensemble des séances du chapitre) les

	notions construites à faire travailler sont : «Les informations issues de l'environnement **sont reçues** au niveau **d'organes des sens** (œil, langue, nez, peau et oreille). La stimulation d'un organe des sens peut déclencher un mouvement. Les organes récepteurs et les centres nerveux sont reliés par des **nerfs.** La **commande du mouvement** est assurée par **deux centres nerveux** : · Le **cerveau** · La **moelle épinière.** Elle **est ensuite transmise aux muscles par des nerfs.** **Les muscles effectuent** ou exécutent le mouvement : ce sont les **organes effecteurs** du mouvement. » Pour cette séance, il n'y a pas de pré-requis. Au début de ma séance je démarre en expliquant que l'on a vu précédemment un premier type de communication au sein de l'organisme avec le rôle des hormones dans l'apparition des caractères sexuels primaires et secondaires. Je leur propose d'étudier un deuxième type de communication dans l'organisme qui a un rôle dans la commande de nos mouvements. Pour cela je leur propose d'observer un film qui sera le point de départ de notre étude. Ce film est une surprise pour les élèves et pour ceux qui pourront venir m'observer (tout ce que je peux dire c'est que le thème est la danse !!!). A partir de cette situation initiale, les élèves devront collectivement formulé le problème qui est suggéré par celle-ci.
3ème étape : Élaboration d'une situation-problème et choix du problème J'ai décidé d'intégrer à l'intérieur de ce repère les pré-requis qui sont pour moi une des composantes intrinsèque de l'élaboration de ma situation de départ ET le choix du problème qui n'est finalement que l'aboutissement de ma situation-problème.	Exemples: Quels sont les organes nécessaires à la réalisation d'un mouvement ? Quels organes permettent de contrôler le mouvement ? Comment l'organisme réalise-t-il ses mouvements ? De quels organes se sert-on pour faire un mouvement? Qu'est ce qui déclenche un mouvement ? etc… A partir de ces propositions nous prendrons le temps d'écrire le titre du chapitre et le problème à résoudre. Nous ferons un petit rappel de ce qu'est une hypothèse pour eux puis les

(temps estimé : 10 mn) **4ème étape :** Émission des hypothèses (20mn)	élèves seront répartis en 6 groupes de 3 élèves et devront à partir de la première vidéo, formuler des hypothèses sur les organes impliqués dans la commande du mouvement. A ce niveau, ils disposeront d'un schéma sur feuille A4 représentant un corps humain vierge de face et de dos et devront colorier les zones anatomiques qui pour eux sont impliquées dans cette commande du mouvement. Ils devront par ailleurs justifier en une phrase leur choix d'hypothèse (voir ce que j'attends à la fin de ce repère). Pour ce travail, ils auront une première aide : un tableau vidéo-projeté qui récapitule les critères de réussite pour l'émission d'une hypothèse Temps estimé : 10 minutes Par suite, je leur donnerais une deuxième aide: un film sur un jongleur. Ce film permettra aux élèves de compléter leurs premières hypothèses ainsi que leurs argumentations et de les remobiliser en suscitant leur curiosité et en les raccrochants au sujet proposé. Temps estimé 5 à 10 minutes Enfin, je leur donnerais une troisième aide avec un petit texte vidéo-projeté expliquant l'accident d'un homme qui est à la base de sa paralysie et qui devrait permettre à certains groupes d'évoquer l'hypothèse du rôle d'un élément présent dans la zone dorsale (je n'attends pas qu'un groupe puisse évoquer directement la moelle épinière) sur le contrôle du mouvement. Temps estimé : 5 minutes Finalement, je ferais passer les élèves au tableau et ils devront colorier les zones qu'ils auront envisagé et comme nous disposons d'un tableau numérique, chaque groupe pourra le faire avec des couleurs différentes. J'enregistrerais le document que je pourrais réutiliser au cours des séances suivantes afin de pouvoir les valider à la fin des expériences de validation qui suivront cette séance. Par ailleurs chaque groupe devra à l'oral une explication permettant de préciser le choix pour chacune de leurs hypothèses. Temps estimé : 15 minutes J'attends les hypothèses suivantes:**C1** **C1** **Fiana :** je me questionne sur ta formulation des hypothèses, la forme me pose problème je ferais des phrases qui rappellent le problème étudié du genre « un corps se met en mouvement si les muscles des jambes et des

bras fonctionnent »

c'est vrai qu'en ce moment je me prends la tête la dessus car je trouve qu'on n'est pas cohérent avec ce qui est appris en français

j'attends ton avis : Est-ce un détail ou pas ?

Billy :

oui je suis d'accord avec toi pour dire que la formulation de l'hypothèse est primordiale et ton idée de reprendre le début du problème pour la formuler me semble tout à fait pertinente pour qu'il y est une continuité entre les étapes de la démarche. J'espère que les élèves auront ce réflexe et dans le cas contraire je ferais dans notre mise en commun des phrases qui auront la tournure que tu proposes

Mathilde :

RAS Billy, si ce n'est que je me posais la même question que Fiana.

çà m'a l'air bien ficelé.

Hypothèse 1: les muscles des bras ou des jambes

Explication: le mouvement est réalisé par nos membres

Hypothèse 2: les oreilles (pour le film sur la danse) ou les yeux (pour le film sur le jongleur) sont impliqués dans la commande du mouvement

Explication: C'est la musique ou le fait d'observer les quilles qui déclenchent et coordonnent le mouvement

Hypothèse 3: le cerveau

Explication: entre les organes des sens (oreille ou yeux) et les muscles, il doit y avoir un relais qui pourrait être le cerveau

Hypothèse 4: le dos ou la colonne vertébral (en fait la moelle épinière mais ce terme n'est jamais employé par les élèves directement)

Explication: l'accident a provoqué des lésions au niveau du dos et cela s'en est suivi d'une paralysie donc un élément du dos doit jouer un rôle dans la commande du mouvement

Repère transversal : identifier les aides à apporter aux élèves	3 aides collectives : -tableau récapitulant les critères de réussite de l«émission d'hypothèse -film sur un jongleur -texte sur un accident survenu chez un homme qui a provoqué sa paralysie Voir la répartition temporelle de ces aides dans le repère 4

3. Le recueil des re-sources

3.1. Description des items

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.** Donnez suffisamment d'informations pour qu'on puisse identifier sa source (auteur, fichier, …) et le contenu cette ressource (vous pouvez copier son contenu quand c'est un écrit, si c'est un échange oral, résumez son contenu)	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.** Des possibles : -Vous avez mobilisé des souvenirs pour revivre des moments de préparation, des moments de classe, des moments d'observation, des moments de discussion collective. -Vous avez relu des écrits. -Vous avez repris des écrits : des repères anciens, leur intitulé, leur description. …	**Précisez le rôle de chacune des ressources.** Des possibles : En finalité, elle ne vous a rien apporté. Elle vous a fait réfléchir sur un point donné (lequel ?). Elle vous a poussé à modifier, à reformuler, à préciser des repères. Elle vous a conduit à ajouter, à enlever, à réorganiser des repères. …

3.2. Le recueil des re-sources de Mathieu

3.2.1. Révision MRG3

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
1 • Je me suis beaucoup inspiré du dernier jet collectif (avec les commentaires de chacun) sur les repères car je m'y retrouve très bien. Je suis même reparti de ce document.	Je suis reparti de ce document avec lequel j'étais très en phase et j'ai tenté de le réduire, de le simplifier en écartant en commentaire ce qui me paraissait être plus explicatif.	
2 • Pour établir le schéma que je propose à la fin, je me suis surtout inspiré de la construction de ma séance sur le calcul du	Le schéma n'est venu qu'après avoir réduit le document de départ. Il me reste encore la question de	Dans cette séance sur le calcul du périmètre, les scénario était très rythmé, les différents temps très clairs,

périmètre, pour plusieurs raisons : - c'est récent - la séance sur les carreaux gris était la première et je la redonne, mais pas pour le même niveau	la chronologie avec laquelle je n'arrive pas à trancher.	l'enchaînement assez minuté. La préparation de cette séance m'a donc donné l'occasion de réfléchir à la chronologie dans la préparation ; et je n'ai pas identifié de réelle chronologie, mais plutôt trois grandes étapes : -choix du problème -scénario -préparer l'argumentation Les autres repères m'ont semblé plus transversaux et permettent de valider le choix des connaissances ou du problème. C'est aussi, lors de la séance, au moment de la mise au travail des élèves que j'ai constaté (et je l'avais un peu prévu) l'importance de la réflexion sur ce qu'il faut dire, les mots qu'il faut utiliser.
3 • La notion de scénario dans la création d'une activité pédagogique m'est apparue notamment en travaillant avec des élèves de cycle 2 sur la recherche de problèmes ouverts.	Dans mes missions de professeur supplémentaire, je dois travailler avec les écoles primaire et maternelle. Récemment, je me suis lancé dans la coanimation* en cycle 2 voire 3 (CP, CE1 et CE2) sur de la recherche de problème ouvert. Avec chaque nouvelle classe, j'ai commencé par le problème des poules et des lapins (on connaît le nombre de têtes et de pattes et il faut retrouver le nombre de poules et de lapins). Je l'ai abordé de beaucoup de façons différentes, et même en improvisant à l'oral un énoncé**. J'ai constaté qu'en changeant très peu de choses, les réactions sont complètement différentes auprès des élèves. Le déroulement en devient totalement modifié.*** C'est pourquoi lorsque j'ai eu à construire des séances spécifiques au collège, j'ai attaché beaucoup d'importance au scénario.**** * je participe à la préparation de la coanimation, mais comme nous avons peu de temps pour préparer, je lance le problème et lorsque l'un de nous (l'enseignant ou moi) veut intervenir, il	Dans le terme scénario, je regroupe plusieurs choses : les mots qu'il faut utiliser, le déroulement de l'activité, les variables qui peuvent jouer un rôle didactique (éloignement des instruments de mesure dans mon activité sur le calcul du périmètre du cercle). Par exemple, l'énoncé des poules et des lapins était écrit. Nous avons déjà testé plusieurs consignes : - « il faisait noir je n'ai pu compter que les têtes et les pattes, … » => justification inutile - « Devine le nombre de poules et de lapins » => résultat tombé du ciel ? - énoncé oralisé en racontant une histoire : « le weekend dernier, je suis allé à la ferme avec mes enfants, … » => les élèves m'ont dessiné avec mes enfants !!!!

	consulte l'autre pour juger de l'opportunité de l'intervention. La réflexion que nous avons conduite dans le groupe m'a aussi permis de trouver une posture neutre pour encourager la recherche des élèves. Je surjoue d'ailleurs ce rôle devant les enseignants avec qui je travaille. C'est assez amusant de voir leurs réactions. ** C'est essentiellement l'expérience qui m'a permis d'improviser ; L'idée d'être en confiance avec les enseignants (c'était en coanimation) est aussi importante. *** Je voulais parler des deux séances : carreaux gris et périmètre du cercle. Pour le périmètre du cercle, j'ai beaucoup réfléchi à ce qu'il fallait dire, ne pas dire, avec quels supports, pour introduire et présenter la séance. Par exemple, le powerpoint avec le titre de la séance peut paraître anodin, mais me paraît important. Le fichier geogebra m'a aidé à faire comprendre le périmètre, … ****	
4 • L'idée que l'enseignant ait sans cesse besoin de s'adapter aux réactions de ses élèves ; et que cela nécessite beaucoup d'expérience pour y parvenir ; m'a aussi beaucoup guidé pour l'identification des repères. C'est lors des observations croisées de séance que cela m'est apparu. je voulais surtout évoquer toutes les petites réactions improvisées que nous n'avions pas prévu, mais que nous avons pour redresser une séance qui ne prend pas la bonne tournure. Les repères concernés sont essentiellement l'anticipation des hypothèses et la réflexion sur l'aide. C'est un moyen de s'adapter aux besoins des élèves.		

Concernant ma synthèse sur les repères, je laisse hypothèse et conjecture car je crois que nous pouvons trouver des repères communs aux sciences (SVT et SPC) et aux maths. Par contre avec les élèves je parlerai de conjecture en explicitant le lien avec les hypothèses de SVT ou SPC.

Pour l'argumentation, je n'ai pas assez abouti ma réflexion pour développer ce repère, et je ne veux pas non plus l'abandonner; mais synthétiser quelque chose me paraît trop compliqué pour le moment.

3.2.2. Révision MRG4

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
1 • J'ai repris la dernière version de ce document en le modifiant à la marge. J'ai mis en évidence quelques idées communes aux sciences et aux maths (en gras)	J'ai essayé d'analyser la conclusion de mes deux séances (périmètre du cercle et contour du carré quadrillé) pour apporter des éléments de réflexion concernant l'argumentation, mais en sixième, nous ne sommes pas encore dans la phase d'initiation à la démonstration, c'est en cinquième que cela commence ; Alors je me suis inspiré des objectifs de cinquième et surtout de quatrième : - nécessité de démontrer pour valider une assertion - utilisation du contre-exemple	L'idée de reprendre le travail où il en était la dernière fois me permet de valider beaucoup de choses dans ma réflexion (les six repères et leur articulation selon le schéma, …), de synthétiser le contenu de chaque repère et de retravailler ce qui peut encore être flou.
2 • Pour l'aide, j'ai analysé là encore ce que j'ai fait lors de mes deux séances.	Pour le contour du carré quadrillé, j'ai proposé aux élèves un déroulement sur powerpoint. Dans ce déroulement, j'avais prévu des aides à des moments précis. Lors de la séance, en réaction à des questions d'élèves, j'ai eu besoin de projeter ces aides un peu avant ce que j'avais prévu. L'idée que je veux développer ici est que l'aide peut être intégrée au scénario, mais en réaction à des questions, si les outils sont prêts et le matériel facile à utiliser (vidéoprojecteur, photocopies prêtes, …) on peut modifier le déroulement initialement prévu.	

3.3. Le recueil des re-sources de Mathilde

3.3.1. Révision MRG 3

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
2)préparation de ma nouvelle séance sur les carreaux gris 4)interactions lors de la préparation sur google drive. 3)Discussion avec Michèle 1)Interactions à postériori avec Fiana sur la séance qu'elle a observée. 1) lecture du doc que Fiana a posté sur ma séance et envisager des changements. 3) observation séance Fiana.	En amont de ma séance, pendant la préparation : -j'ai réalisé suite à la séance de l'année dernière et de nos discussions et observations mutuelles, l'importance de l'appropriation du problème, c'est pourquoi j'ai décidé de leur faire formuler le problème. -au moment où j'anticipais les moyens que les élèves avaient de valider leurs hypothèses, j'ai remis en question la pertinence de mon problème car je ne voyais pas de moyens de le vérifier en expliquant grâce au dessin les opérations de la formule. Ça ne me plaisait pas que les élèves ne puissent pas le voir sur le dessin. En aval, en discutant avec Fiana : Je me suis rendue compte qu'il y avait 2 connaissances visées dans la séance (établir une formule et produire une expression littérale) et que c'est peut-être çà qui fait obstacle.	1) Les discussions avec Fiana m'ont permis d'entrevoir une nouvelle séance l'an prochain, de mieux comprendre pourquoi ça ne marchait pas. 2) Dans la préparation de ma nouvelle séance je voulais que les élèves se posent le problème par le « faire » en construisant un carré. 3) ça m'a permis de mettre de l'ordre dans l'organisation de ma séance (j'ai pris le fonctionnement de Fiana avec le powerpoint) et de trouver finalement une explication à la formule et donc une façon de la valider, ce qui m'a rassuré. 4) j'ai anticipé des difficultés d'élèves grâce aux interactions.

3.3.2. Révision MRG 4

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
1- Le retour sur ma séance 2 sur la somme des angles avec Fiana.	J'ai mobilisé des souvenirs de conversations qui m'ont marqués et notamment le fait que le problème proposé est fonction de son introduction dans l'histoire de l'humanité, et du coup de ne pas proposer 1 problèmes qui fait appel à 2 connaissances (formation sur les démarches d'investigation en mathématiques)	J'ai rajouté une précision dans mon repère 1 sur le choix du problème.
2- La visualisation du déroulé de ma séance sur la somme des angles.	Pour les aides à apportées, je me suis revue en classe pendant la séance sur la somme des angles à demander aux élèves de me décrire le document.	J'ai pu préciser des choses sur les aides dans mon repère 4.
3- Les observations des séances de Fiana	J'ai revu des séances construites par Fiana et le fait qu'elle s'appuie sur des powerpoint pour structurer son cours et permettre aux élèves de s'y retrouver. De plus je me suis inspirée de l'observation de ces séances pour imaginer l'argumentation des élèves et la synthèse du prof.	J'ai précisé et détaillé davantage mon repère 5.

3.4. Le recueil des re-sources de Mathilde

3.4.1. Révison MRG3

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
Notes du focus group de juin ❷	Relecture car besoin encore et encore de clarifier ce qu'est une hypothèse en lien avec les souvenirs des séances de Mathieu et Mathilde qui m'ont perturbée !	Ça m'a remis les idées en place, j'ai regardé d'abord ma diapositive puis les autres. J'ai organisé mon travail sur les idées à clarifier : hypothèse, puis connaissance, puis situation problème
En lien avec le doc au-dessus relecture de ma grille d'analyse de la séance de Mathieu et Mathilde❸	relecture	Se remettre dans un contexte précis de pratiques pédagogiques
En vrac car je suis passée d'un doc à l'autre en aller-retour Précis de grammaire pour l'agrégation de français ❶ L'apprentissage de l'abstraction (B.M. Barth) ❶bis	→ analyse syntaxique de ce qu'est une hypothèse (6 pages de grammaire pure et dure : un vrai bonheur!!!) → sur quoi peut-on faire des hypothèses ? Relecture de presque tout le livre	→ confrontation avec les séances de Sab et Thom sur ce que je pense qui n'a pas fonctionné formulation d'une définition qui m'a bien éclairci les idées → reformulation du repère 1

Echanges avec le chercheur sur le fichier collaboratif :

- A la lecture de ton document, il semble que l'étape indiquée en 2 soit l'étape première qui a organisé ton travail : est-ce une mauvaise compréhension ?

Les n° correspondent à l'importance, au temps que j'y ai passé → Tu demandais de hiérarchiser les ressources. Par contre l'ordre dans le tableau correspond à la chronologie. En effet, le remue méninge sur le mot hypothèse a été consulté en premier.

- Tu cites deux ouvrages : un précis de grammaire et l'apprentissage par l'abstraction. Pour chacun d'eux, peux-tu me dire :

- dans quel cadre tu as connu ces ouvrages ? Et les avais tu déjà lu ?

Pour le précis de grammaire : je l'ai découvert avec ma copine que j'aide une à deux fois par semaine à réciter les leçons de grammaire que les futurs agrégés doivent savoir par cœur et en le feuilletant j'ai vu une leçon sur « la subordonnée hypothétique » : je l'ai photocopié et je l'ai lu en sautant les parties un peu trop grammairienne !!

Pour le livre sur l'abstraction : je l'ai lu en 2007 pour mon mémoire du 2CASH et il a été pour moi une petite révolution sur comment se construisait le savoir avec le travail d'abstraction.

- Ce qui t'as conduit à les consulter ?

Pour la grammaire : c'est la difficulté à formuler la question et en creusant et discutant avec ma copine, elle m'expliquait que du point de vue de la syntaxe la phrase « je pense que …. » que je faisais faire aux élèves ne correspondait pas à une hypothèse, sur le sens on peut la comprendre comme cela mais pas grâce à la forme → d'où ma lecture pour répondre à la question comment en grammaire on construit une proposition hypothétique

Pour le livre sur l'abstraction : c'est la question liée au repère 1 : Toutes les connaissances peuvent -elles être mises en travail par l'élaboration d'hypothèse ? Je me suis rappeler que dans ce livre l'auteur développer la construction du savoir chez l'élève et en relisant un petit chapitre j'ai relu la moitié du livre avec des nouvelles questions car l'auteur parle d'inférence quand on est dans une situation particulière et d'hypothèse quand on veut généraliser : encore un peu de confusion pour moi !

- As-tu consulté lors de ce travail le document Repère commun du mois de juillet ou/et les documents repères précédents ? Ont-ils joué un rôle dans ce travail ?

Non car en ce qui concerne les repères : je les avais bien entête avec les séances préparées car c'est à ce moment là que je les ai relus

Remarques : Les phrases en bleues sont pour moi , les éléments les plus importants ou en tout cas ce qu'il y a deux ans je n'avais pas en tête.

3.4.2. Révision MRG 4

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
-1- après la dernière séance de Mathilde en maths en janvier : j'ai essayé de monter une carte conceptuelle du mot HYPOTHESE	Faire une carte conceptuelle sans aucune lecture à chaud en essayant de ne pas se limiter et de mettre le maximum d'idées aussi bien en me plaçant en tant que scientifique, qu'en tant que prof de sciences, ou en tant qu'élève	Ce travail m'a poussé à voir ce que je comprenais du concept (théorie) ce que je mettais en œuvre pédagogiquement dans la classe ce que ça mettait en œuvre pour les élèves dans leur apprentissage Elle a été ensuite remaniée au fil du mois de février en fonction des lectures et des réflexions Elle m'a permis de bien comprendre ce qui était du côté du professeur (les repères pour faire ce travail) versus ce qui est du côté de l'élève. L'objectif étant que l'hypothèse formulée par l'élève rencontre l'objectif pédagogique de l'enseignant.
-2-UN VIEIL ARTICLE L'hypothèse scientifique In: Revue néo-scolastique. 6° année, N°23, 1899. pp. 242-258 voir en pièce jointe	Recherche d'éléments théoriques définition d'une hypothèse	- le classement en 3 types d'hypothèses : j'ai compris que je ne m'intéressais qu'au 3ème type et donc cela m'a confirmée que dans les situations proposées je demandais aux élèves une recherche de cause (aide pour les élèves rendre explicite ce lien causal avec une méthodologie imposée sur la syntaxe de l'hypothèse) -autre idée « les prémisses de l'hypothèse sont dans l'observation » remaniement de l'ordre des repères 2 et 3 -« entre l'hypothèse et l'observation il y a un hiatus qu'on ne saurait expliquer » voilà la difficulté pour l'élève : le hiatus : comment aider ?
-2-LIVRE Éléments d'épistémologie Hempel, Armand Colin, 2012	Recherche d'éléments théoriques dans 3 axes : ce qu'est une hypothèse (	Idées principales en quelques mots que j'ai retenu l'hypothèse est plus liée à

le chapitre 2 « la recherche dans les sciences : invention et test »	définition), à quoi elle sert ? d'où vient-elle ?	l'observation qu'au problème cela a entraîné la modification de l'ordre des repères 2 et 3 une hypothèse est inventée pour expliquer une observation cela a confirmé le type de question à poser aux élèves une hypothèse nécessite un grand « talent » : une intuition, une grande imagination cela m'a confirmé l'étape délicate que cela est pour les élèves et que les aides doivent permettre à l'élève d'être créatif : comment ????
Ces deux livres ont été lus en même temps et avec la même intention.		
-3- Livre un 1ère S en sc phy.	A ma grande surprise, presque toutes les séquences commencent avec une situation, une question, des hypothèses amenées sous forme de discussions entre 3 élèves. J'ai analysé ces propositions avec le filtre de ce que je comprends être une hypothèse. N'étant pas forcément d'accord avec ce qui est proposé j'ai essayé sur ces situations nouvelles pour moi de créer des situations didactiques où des élèves de 1ère S auraient à formuler des hypothèses d'abord sans me tenir aux repères de janvier 2014 et de voir comment je faisais.	Cela m'a confirmée l'entrée par une connaissance, un concept. Par contre la contextualisation à travers une situation et donc une observation donnée arrive bien avant l'anticipation d'hypothèses La mise en question du problème reste le point le plus important pour moi pour la réussite de l'activité et c'est le plus compliqué L'anticipation des hypothèses sous la forme « SI …, … » m'a permis de mieux concevoir les idées des élèves par contre je ne vois vraiment pas comment les aider sans donner des exemples. → Réorganisation de la carte conceptuelle (très difficile car je n'arrive pas à organiser simplement les idées, la carte devient circulaire alors qu'avant elle était en étoile)
-4- Dernière séance de Mathilde	Relecture de sa préparation dans l'objectif de comprendre la difficulté pour moi à comprendre les séances en mathématiques et le fait que je l'ai trouve compliquée	Quand j'ai pris la carte conceptuelle qui maintenant me parle plus que la liste des repères. J'émets l'hypothèse que ce qui me semble compliqué et confus est au niveau de la question posée par le professeur elle n'est pas en lien avec les observations qui sont les différents exemples de triangle

		et elle n'est pas en lien avec le concept visé « la somme des angles =180° » La question proposée est sur une réflexion possible en aval qui est « à quoi ça peut servir de connaître cette relation » → j'ai ajouté sur la carte conceptuelle un lien , un retour vers le concept choisi qui doit correspondre à un élément de réponse à la question → en fait j'essaye de tester au maximum la carte conceptuelle pensée sur les hypothèses pour voir si ça aide : je ne sais trop quoi conclure car comme c'est moi qui l'ait imaginée c'est évident que ça me parle ?? → je trouve quand même plus parlant une présentation schématique que des repères présenter successivement.

3.5. Le recueil de re-sources de Billy

3.5.1. Révisions MRG3

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
1. Lecture de mes progressions annuelles sur les différents niveaux qui m'ont souligné l'importance d'identifier en début d'année les objectifs à atteindre pour chacune de mes activités qu'elles soient liées à la formulation d'hypothèses ou pas.	Souvenir de moments de préparation de ma progression en début d'année	Elle m'a poussé à réorganiser l'ordre chronologique de mes repères
2. Lecture du fichier Repères - 131013-collectifs	Relecture des écrits	Elle m'a poussé à réorganiser des repères : Placer le repère concernant l'anticipation des hypothèses comme point de départ et intégrer le repère 4 (Identifier les connaissances, savoir-faire, savoir-être nécessaires pour faire l'activité) dans mon repère 3 (Élaboration d'une situation-problème et choix du problème)
3. Réflexion autours d'une ancienne séance de cours (niveau 3ème sur la formation des cellules reproductrices à 23 chromosomes avec des élèves qui ont eu beaucoup de mal à identifier les étapes de la démarche et donc une nécessité d'apporter une aide à différents niveaux (problème, émission d'hypothèse)	Souvenirs d'un moment de classe	Elle m'a poussé à préciser le repère aide que je place de manière transversale dans ma chronologie des repères.
4. Préparation de ma nouvelle séance (celle de l'an dernier – RCH1'- et aussi la nouvelle de cette année- RHC2)	Relecture des écrits de l'an passé	Elle m'a poussé à réfléchir sur un point donné : comment envisager une aide collective ou personnalisée à l'intérieur d'une séquence. Cela m'a conduit à préciser le repère aide et à chercher une façon de proposer

		des aides dans les nouvelles séances
5. Échange orale avec un collègue de SVT d'un autre collège autours du travail de préparation pour une séance visant à l'élaboration d'hypothèses. Une séance de 5ème sur montrant le rôle des sucs digestifs via l'étude d'expériences historiques (Réaumur,...) mais l'idée principale est que nous n'avions pas pris en compte toutes les facettes du travail à mettre en place pour faire émettre des hypothèses (ce n'était pas une priorité dans notre démarche) et que notre travail collectif m'a vraiment fait prendre conscience de l'importance d'intégrer le travail sur l'hypothèse comme un élément central de certaines activités.	Souvenirs de moment de préparation en commun il y a 6 ans	Elle ne m'a rien apporté vis à vis des repères que l'on a étudié dans notre collectif mais m'a conforté dans l'idée que la structuration de nos repères sera un élément fondamental pour mon travail de préparation dans les prochaines années

3.5.2. Révisions MRG4

Classer les 3 à 5 principales ressources qui ont joué un rôle dans cette nouvelle étape du travail d'identification et de description des Repères (1 : la plus importante). **Ces ressources peuvent être internes ou externes au groupe, écrites ou orales.**	**Précisez comment vous avez mobilisé chacune des ressources.**	**Précisez le rôle de chacune des ressources.**
Réunion collective de mutualisation	Souvenir de discussion autours de nos propositions de repères	Cela m'a conforté dans l'idée de ma proposition de repères
Grille post séance de Fiana	Remarque sur l'utilisation de mes aides	Cela m'a fait réfléchir sur ma tendance à multiplier les supports et à devoir essayer de réduire leur nombre pour gagner du temps dans la restitution des productions des élèves
Relecture des propositions de repères	Relecture des écrits	Cela m'a conforté dans l'idée que nous pouvons définir des repères généraux communs à nos 3 disciplines.

Envoyé par messagerie au chercheur : Au cours de ces 3 derniers mois, je n'ai pas eu d'éléments qui me conduiraient à bouleverser de manière importante ce que j'avais proposé jusque là ce qui explique qu'il n'y est pas de grandes modifications avec ce qui avait été fait. Pour autant et à quelques semaines de notre dernière réunion de mutualisation je crois que c'est plutôt positif qu'au travers de ces deux ans de réflexions, nous puissions aboutir à une version volontairement assumée de ce que nous avons proposé tout en sachant que cela pourra évoluer au gré de nos expériences futures.

4. Grille d'analyse de la situation S de Mathieu

4.1. Grille d'analyse du professeur concepteur - Mathieu

Ton avis sur ton travail de préparation	
Au regard de la mise en œuvre dans ta classe, quels sont, selon toi, les points forts de ton travail de préparation ?	Je n'aurais pas pu conduire une séance comme celle-ci sans avoir passé du temps à anticiper les réponses et réactions des élèves. Particulièrement concernant le problème sans question. Pour le travail de groupe, il était nécessaire aussi de justifier le passage au groupe : Je propose le deuxième document aux élèves déjà répartis en groupe, et la réflexion ne démarre pas de façon individuelle ; ils ont pu se soumettre leurs idées tout de suite. Je pense que je n'aurais pas eu les mêmes résultats si j'avais laissé un temps individuel sur le deuxième document. (je ne dis pas que j'aurais eu des choses justes, mais simplement que la mise en groupe se justifiait)
Au regard de la mise en œuvre dans ta classe, quels sont selon toi les points faibles de ton travail de préparation ?	J'avais bien pensé que les élèves passeraient par la division par 4, mais je n'avais pas prévu qu'aucun d'entre eux ne s'en défasse. J'ai été aussi surpris de leur non-surprise sur le problème sans question.
Au regard de la mise en œuvre dans ta classe, quels sont, selon toi les repères qui ont été particulièrement un appui pour rendre ce travail de préparation efficace ?	Le repère sur lequel je me suis beaucoup appuyé, c'est le scénario. Mais il me semble qu'il pourrait être complété au regard de la séance que j'ai conduite. En effet, mon scénario se limitait aux deux consignes successives et à la répartition des élèves : individuelle, puis à 2, puis en groupe. Je pensais que le reste relevait de l'adaptation. Il me semble maintenant que j'aurais dû inclure dans le scénario des temps de mise en commun, notamment après le problème sans question.
Penses-tu qu'il faille envisager d'autres repères pour rendre ton travail de préparation plus efficace ? lesquels ?	C'est compliqué parce qu'il me semble qu'on les acquiert avec l'expérience, mais un nouveau repère que je propose serait celui lié à l'adaptation pendant la séance. J'aurais dû réfléchir à des éléments pour remettre les élèves sur la bonne piste. Il faut dire que suite aux échanges que nous avons eu en commentaires, notamment avec Fiana, j'avais décidé d'adopter une attitude très en retrait par rapport aux élèves. Je n'ai pas obtenu ce que je voulais en une heure, mais le doute (sur la division par 4) a émergé en fin de séance.
Le cas échéant, qu'est-ce que tu as modifié de ton travail de préparation lors de sa mise en œuvre (ou de ses mises en œuvre) ?	Mon intervention sur les pointillés n'était pas prévue. J'ai mis du temps à trouver ce qu'il fallait dire, et je pense que je m'en suis bien sorti en disant « quel est le rôle des pointillés ? ». Pour le reste, il me semble que je m'en suis tenu à ce que j'avais prévu, et j'ai eu tort de ne pas mettre en commun leurs impressions

	sur le problème sans question. Cela m'aurait permis de remettre en place le vocabulaire « aire » et « périmètre ».
Le cas échéant, qu'est-ce qui t'as conduit à apporter des modifications de ton travail de préparation lors de sa mise en œuvre ?	Sur les pointillés, j'ai réagi car il m'a semblé que cela perturbait la compréhension du problème. Pour moi, le nœud ne se situe pas là, et si je voulais qu'ils s'occupent de chercher des hypothèses j'avais besoin de clarifier cela.
Comment modifierais-tu ton travail de préparation si tu devais l'utiliser l'année prochaine ?	Je suis curieux de refaire cette séance en ajoutant un temps de mise en commun collectif juste après le problème sans question. Quant à la préparation de ma séance suivante, il faut que je la modifie en fonction de ce que les élèves ont trouvé et que je trouve un moyen de leur faire invalider la division par 4.
Autres commentaires	

4.2. Grille d'analyse du professeur observateur – Mathilde

Votre avis sur le travail de préparation de Mathieu	
Au regard de l'observation en classe, quels sont selon vous les points forts du travail de préparation ?	Les réactions des élèves attendues : effet de surprise de pas de question. D'être au clair sur l'objectif visé c'est-à-dire d'arriver à une méthode et donc tout obstacle à cet objectif,qui n'avait pas été anticipé, doit être soulevé (exemple des pointillés et de l'intervention rapide de Mathieu pour expliquer ce que c'était).
Au regard de l'observation en classe, quels sont selon vous les points faibles du travail de préparation ?	Malgré la préparation, des obstacles ne sont pas toujours prévisibles : comme les pointillés. Peut-être de ne pas avoir assez prévu les temps de mise en commun qui peuvent permettre de recentrer sur l'objectif ou l'hypothèse attendue et d'éviter des diversions sur l'aire et le périmètre par exemple.
Quelles sont vos propositions de modification du travail de préparation pour améliorer la mise en œuvre en classe ?	Au-delà des remarques que j'ai faite sur ma séance, si on garde le même sujet avec les pointillés : je ferai juste un bilan sur ce que les élèves ont compris de la première feuille pour écarter les pistes de périmètre et aire. Ensuite, je ferai pareil que Mathieu c'est-à-dire que je ferai expliquer le sens des pointillés assez rapidement.
Qu'est-ce que vous auriez envie de réinvestir dans vos séances et pourquoi ?	
Autres commentaires	

4.3. Grille d'analyse du professeur observateur – Fiana

Votre avis sur le travail de préparation de Mathieu	
Au regard de l'observation en classe, quels sont selon vous les points forts du travail de préparation ?	Je trouve que l'enseignant avait bien perçu qu'il fallait se mettre en retrait dans ce gendre d'activité pédagogique et juste être présent pour stimuler la réflexion. En préparation, il avait bien réfléchi à cette posture et je trouve qu'il a laissé de la place aux élèves pour penser.
Au regard de l'observation en classe, quels sont selon vous les points faibles du travail de préparation ?	L'activité a été bien pensée sur l'individu ou le petit groupe, il manque une réflexion en préparation sur la présence de temps **de classe** pendant lesquels des éléments sont précisés, recadrés pour tout le monde. La mise en lien des documents distribués n'a pas été assez anticipée par l'enseignant L'anticipation des hypothèses possibles que pouvaient fournir les élèves, l'enseignant semblait découvrir les hypothèses, les propositions des élèves.
Quelles sont vos propositions de modification du travail de préparation pour améliorer la mise en œuvre en classe ?	Après avoir visualisée les 2 séances en maths, il faudrait enlever pour moi le dessin du grand carré ! Réfléchir au temps de prise de paroles du prof avec des mots clés : problème- question proposition de méthode
Qu'est-ce que vous auriez envie de réinvestir dans vos séances et pourquoi ?	Je ne sais pas si je souhaite le réinvestir mais l'idée que même sans question les élèves entre en activité et propose des hypothèses, m'interpelle énormément.
Autres commentaires	

4.4. Grille d'analyse du professeur observateur – Filomène

Votre avis sur le travail de préparation de Mathieu	
Au regard de l'observation en classe, quels sont selon vous les points forts du travail de préparation ?	- Etre parti d'une situation sans question ce qui n'est pas évident à mettre en place. Les élèves (à des rythmes différents) ont pu trouver une problématique personnelle. Les temps de réflexion en autonomie ou en petits groupes pour que les élèves puissent s'imprégner de la problématique et mettre en commun leurs idées.
Au regard de l'observation en classe, quels sont selon vous les points faibles du travail de préparation ?	- L'articulation des parties. J'ai eu l'impression que les élèves n'étaient pas toujours sur la « même longueur d'onde » car il n'y a pas toujours eu de moment de mise en commun ou de bilan intermédiaire pour indiquer ce qui a été fait (et compris) et le travail qu'il reste à faire. - Les interventions du prof qui est là pour écouter mais aussi pour animer la séance et donner des pistes aux élèves pour surmonter les difficultés rencontrées (sans fournir la réponse). J'ai eu la sensation que Mathieu était beaucoup dans l'écoute et peu dans la recherche des moyens ou d'aide à fournir pour surmonter la difficulté. La non prise en compte des erreurs de vocabulaire. Il me paraît primordiale de corriger ces erreurs et ne pas laisser dans l'esprit des élèves des erreurs sous prétexte que ce n'est pas la compétence que l'on cherche à faire acquérir aux élèves.
Quelles sont vos propositions de modification du travail de préparation pour améliorer la mise en œuvre en classe ?	- Il faut donner plus d'importance à la première partie du travail avec les trois carrées. Peut-être les faire commenter et voir ce que les élèves en ont retenu. La question a été fournie aux élèves alors qu'il y avait d'autres idées dans la classe (calcul de périmètre ou d'aire…). Faire émerger la question par les élèves (qui étaient pour une grosse majorité sur une idée commune) permettrait de recentrer la classe sur un problème commun et d'éviter ainsi les erreurs de vocabulaire.
Qu'est-ce que vous auriez envie de réinvestir dans vos séances et pourquoi ?	- L'idée de la situation déclenchante sans question. Cela permet de voir les idées importantes que les élèves ont retenu. On peut ainsi mettre l'accent sur ce qui leur pose problème dans la situation initiale et non pas partir d'une question imposée par le prof dénuée d'intérêt pour les élèves.
Autres commentaires	

5. Journal des apports du collectif

5.1. Les items du journal

Avec quelle fréquence ?
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif - Des ***ressources*** du collectif que vous avez intégrées dans votre activité professionnelle ou - de nouvelles ***ressources*** que vous avez mobilisées pour améliorer votre activité professionnelle.
Activité professionnelle Précisez l'activité professionnelle dans laquelle se fait ce réinvestissement : préparation de cours, conduite de classe, formation d'enseignants, cours particuliers, formation personnelle, autres.
Public-Thème Précisez à qui s'adresse cette activité professionnelle (établissement, niveau, discipline) et le cas échéant sur quel thème disciplinaire elle porte.
Démarche Précisez si l'activité professionnelle est en lien avec la conduite d'une démarche d'investigation ou avec l'élaboration d'hypothèses ou de conjectures.
Comment cela a-t-il été réinvesti ? Décrivez ce que cela vous a apporté et comment vous l'avez utilisé dans ce contexte.
Références et liens Communiquez les documents, références, liens qui permettent de mieux comprendre ce qui a été réinvesti ou ce qui a été mobilisé.

5.2. Journal des apports du collectif de Mathieu

5.2.1. Période décembre 2012 - mars 2014

Avec quelle fréquence ?	Vers la fin du travail, ponctuellement, mais j'y prends goût.
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	**VIDEOS** Utilisation du vidéoprojecteur dans un autre cadre: visionnage de vidéos. J'ai découvert quelques vidéos explicatives sur les angles et j'exploite le changement de support.
Activité professionnelle	En préparation de cours, je cherche des vidéos qui se prêtent bien à un visionnage (souvent pour aborder une notion ou une technique) même si la vidéo n'est pas parfaite (elle nous permet de critiquer)
Public-Thème	Cette pratique s'adresse à des élèves de collège (classe de sixième)
Démarche	Cette pratique n'est pas en lien direct avec la démarche d'investigation, mais elle permet d'instaurer un débat, de discuter avec les élèves
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Le travail sur l'émission d'hypothèse et toute la réflexion enclenchée sur la préparation de cours m'ont permis d'envisager d'autres pratiques et notamment de chercher à exploiter tous les supports dont nous disposons. C'est dans cette optique que je suis tombé sur des vidéos de cours intéressantes qui me permettent essentiellement de varier les supports mais avec lesquelles je peux aussi instaurer un débat ou plus simplement une discussion et développer l'esprit critique des élèves (notamment quand il y a des imprécisions dans ces vidéos)
Références et liens .	http://www.khan-academy.fr/index.php/angles-et-droites-secantes/notions-de-base-sur-les-angles-et-mesures/notions-de-base-sur-les-angles http://www.khan-academy.fr/index.php/angles-et-droites-secantes/notions-de-base-sur-les-angles-et-mesures/angles-aigus-angles-droits-et-angles-optus

Avec quelle fréquence ?	Vers la fin du travail
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	**VIDEOS de conférences** La participation au travail collectif m'a permis d'enclencher (à nouveau??) une réflexion sur la didactique des maths. Cette curiosité pédagogique et mathématique m'a amené à cliquer sur un lien reçu par une liste de diffusion (mathlyon) : une conférence de Daniel Perrin sur un joli problème de maths:

	“même aire, même périmètre et pourtant…” Puis j’ai navigué entre des conférences au sujet plus pédagogique et des conférence sur des problèmes qui m’intéressent (maths et musique, …) en passant par une conférence sur la démarche d’investigation en mathématiques
Activité professionnelle	Cet aspect du réinvestissement de ma participation au travail collectif sur l’émission d’une conjecture s’insère dans le cadre d’une certaine curiosité pédagogique et “mathématique” (j’aime les beaux problèmes)
Public-Thème	Cette activité s’adresse d’abord à moi puis par répercussion à mes élèves.
Démarche	Il n’y a pas vraiment de lien avec la démarche d’investigation.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Il me reste encore pas mal de conférences aux titres intéressants sur la page : http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos/ Par exemple: http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos/doit_on_encore_enseigner_la_geometrie/ site trouvé lors d’une recherche Internet
Références et liens	même aire, même périmètre et pourtant: http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos/meme_aire_meme_perimetre_et_pourtant/ maths et musique: http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos/maths_et_musique/ démarche d’investigation: http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/videos/maths_monde_2012_77_bilan_-_cecile_de_hosson/ …

Avec quelle fréquence ?	depuis l'intégration des nouveaux locaux
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	**Organisation de la salle de classe** Le réagencement de ma salle de classe en "îlots" date d'un travail de groupe observé par le collectif. J'ai décidé de ne pas remettre ma salle en rangées. Je pense que cela favorise le travail de groupe pour moi (je pratique plus; cf point suivant) et pour les élèves.
Activité professionnelle	C'est essentiellement dans la conduite de classe que cette modification a des répercussions. J'ai certainement modifié ma gestion de classe mais cela me convient (avec les élèves et les classes que j'ai cette année…)

Avec quelle fréquence ?	vers la fin du travail collectif
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	**Travaux de groupes** Il est claire que la mise en place d'un travail de groupe me faisait peur pour différentes raisons: - problème de gestion de classe -perte de temps - temps de préparation très long
Activité professionnelle	C'est essentiellement dans la conduite de classe que cette modification a des répercussions. J'ai certainement modifié ma gestion de classe mais cela me convient (avec les élèves et les classes que j'ai cette année…)
Public-Thème	Finalement, ce réinvestissement rejaillit dans beaucoup d'aspects:- la conduite de classe (même hors travail de groupe) - la préparation (je pense avoir acquis des automatismes de réflexion que je n'avais pas) - le rapport avec mes élèves
Démarche	cette activité peut être en lien avec une démarche d'investigation. Je ne pousse pas la réflexion systématiquement jusqu'à savoir comment les élèves vont pouvoir émettre une hypothèse mais les problèmes abordés en groupe s'en rapproche souvent.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Le réinvestissement au niveau du travail de groupe porte essentiellement sur la dédramatisation d'une telle séance : maintenant je me sens capable (et je pratique!) la mise en groupe "au pied levé" si j'estime qu'une recherche mérite d'être faite en groupe, je la mets en place rapidement.Il faut dire que le ré-agencement de ma salle de classe facilite grandement cela.

5.2.2. Période mars 2014 - juin 2014

Période	Ces derniers 15 jours - **26/04/14**
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	**Carte mentale** Suite à la présentation de Fiana de sa vision de la définition de l'hypothèse grâce à une carte mentale, j'ai cherché quelques renseignements sur le sujet sur Internet.
Activité professionnelle	Ces cartes mentales représentent un nouveau type d'activité que je vais essayer de creuser avec mes élèves. Elles me permettent aussi de réfléchir à un nouveau déroulement de séance pour arriver à en faire réaliser une à mes élèves.
Public-Thème	
Démarche	Il n'y a pas de lien direct avec le travail sur la conjecture
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Pour le moment, j'ai fait quelques recherches sur Internet et j'envisage la carte heuristique comme diagnostique en début de chapitre ou comme bilan avant révision. Mon souci c'est de faire comprendre à mes élèves ce que j'attends d'eux et de leur expliquer pourquoi on essaie de travailler ainsi. Je cherche aussi une trame de séance pour faciliter une telle activité.
Références et liens	Beaucoup de sites internet mais aucun en particulier.

Période	**26/04/14**
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	**Carte mentale suite**
Activité professionnelle	
Public-Thème	Classe de sixième

Démarche	
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Je me suis lancé dans l'élaboration de carte mentale pour faire émerger les connaissances pré-requises sur les fractions (réactivation des connaissances). Nous sommes partis d'un brainstorming que j'ai enrichi puis copié au tableau en faisant déjà quelques associations. Les élèves ont proposé ensuite leur carte. Ils connaissaient déjà (en HG) et nous n'avons pas fait de correction.
Références et liens	

Période	**Pour le projet Fasmed** recherche actuelle
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Je note ici que lors de la présentation du projet Fasmed sur l'évaluation formative, j'avais pensé à Labomep et que ce serait bien que je m'y investisse l'année prochaine
Activité professionnelle	
Public-Thème	Toutes mes classes
Démarche	
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Pour le moment, l'uitlisation que j'envisage de Labomep serait essentiellement pour donner de temps en temps des exercices sur Internet. Cela me permettrait de contrôler les apprentissages en cours d'acquisition.
Références et liens	http://www.labomep.net/identification/?redir&ticket=537ef643e08b718c61e0b3de44af711dd3762d45f738c

5.3. Journal des apports du collectif de Mathilde

5.3.1. Période décembre 2012- mars 2014

Avec quelle fréquence ?	Régulièrement
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Structuration des séances avec support(powerpoint)
Activité professionnelle	prépa de cours+ conduite de classe
Public-Thème	Comme par exemple en 5èmes sur la proportionnalité
Démarche	séances de recherche
Comment cela a-t-il été réinvesti ? .	çà apporte un cadre à la séance.
Références et liens	Observation séance Fiana

Avec quelle fréquence ?	Ponctuellement
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Stage DI en maths
Activité professionnelle	prépa de cours
Public-Thème	5èmes
Démarche	Oui et non car le stage DI en maths portait sur toute démarche qui vise à engager le jeune dans une recherche.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	directement sur les triangles en 5èmes avec l'activité réalisée par l'Irem de Clermont. Quand je me pose la question sur une notion: "à quoi ça sert?"
Références et liens	doc de l'irem de Clermont

Avec quelle fréquence ?	tout le temps
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Curiosité
Activité professionnelle	questionnement sur la carte mentale et sur le travail de groupes par niveaux. inspiration et observation de collègues (Mathieu et Fiana)
Public-Thème	5 mon questionnement s'adresse à des collègues (Mathieu et Fiana)
Démarche	pas en lien avec la démarche : ce que je veux dire c'est que je réinvestis c'est l'habitude de travailler avec les autres (du groupe: Fiana et Mathieu), de questionner les autres sur leurs pratiques afin d'améliorer la mienne. Donc là, ça sort du cadre de la démarche d'investigation.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	par rapport à la mise en place des séances et au support de la mémoire du cours.
Références et liens	site internet mindomo échange avec Fiana et des amis.

Avec quelle fréquence ?	Régulièrement
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	le fait de me poser la question: quand est-ce que ça a été découvert? par qui? pourquoi? A quoi ça sert? de revenir à l'histoire des mathématiques.
Activité professionnelle	prépa de cours
Public-Thème	tous les niveaux: primaire (géométrie) et 5èmes (les triangles, les coordonnées du plan)
Démarche	sur toutes les démarches
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	
Références et liens	Stage sur la DI en maths Discussion avec Mathieu (géométrie) et Fiana (somme des angles et propriété)

5.3.2. Période de mars 2014 à juin 2014

Période	**31 mars au 12 avril**
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Discussion avec Mathieu et Fiana sur la disposition des tables dans la classe afin de favoriser le travail de groupes.
Activité professionnelle	préparation de séances de travail de groupes.
Public-Thème	66èmes, 5èmes et CLA (classe d'accueil)
Démarche	oui car les élèves ont élaborés des hypothèses sur la taille des rectangles réduits puis ont vérifiés leurs hypothèses par la construction des rectangles et la comparaison à l'oeil avec le rectangle de départ.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	j'ai préparé des supports pour faciliter les élèves à entrer dans l'activité et que chacun d'eux ait quelque chose à faire. (exemple: donné un tableau prédécoupé près à être rempli..)
Références et liens	

Période	**Du 12 avril au 17 mai**
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	observation séance Fiana où travail de groupe autour d'une correction de devoir avec travail différent donné à chaque groupe en fonction de leur réussite au devoir.(autrement dit groupe de niveaux)
Activité professionnelle	préparation de séance de travail de groupes
Public-Thème	6ème sur la réduction d'un rectangle.
Démarche	pas forcément en lien avec la démarche d'investigation.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Fiana maintient que toutes les séances ne prêtent pas à la disposition en groupes donc elle me conseillait d'emmener les élèves dans une salle déjà organisée en îlots quand on veut faire un travail de groupe. Après, on en a convenu que la fin de l'année est

	le bon moment pour faire des essais donc je teste. Je vais donc essayer de m'orienter vers le moins de mise en commun possible mais plus vers la circulation dans les groupes. Les 6èmes ont été dérouté de ce changement et ont réagi par le refus, il va falloir que je leur montre l'intérêt d'être en groupe.
Références et liens	

Période	**du 17 mai au 25 mai**
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Poursuite de mon expérimentation en îlots avec pour but de montrer aux élèves que je ne suis pas la 1ère personne ressource.
Activité professionnelle	préparation de séances de travail de groupes.
Public-Thème	6èmes et 5èmes sur les fractions (fractions égales ou additions de fractions)
Démarche	je travaille sur la généralisation d'exemples en 6èmes et en 5èmes
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	C'est étrange car je n'ai pas le réflexe d'employer le mot conjecture, ni de vraiment spécifier aux élèves la démarche qu'ils sont entrain de faire, à savoir généraliser, dégager une règle qu'ils ont observer sur des exemples. En fait j'ai du mal à mettre des mots dessus. Souvent, je passe d'un exemple à la règle sans trop détailler pourquoi..
Références et liens	

Période	**du 6 juin au 30 juin**
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	poursuite de séances d'exercices en groupes.
Activité professionnelle	préparation de séances de travail de groupes.

Public-Thème	5èmes sur les pourcentages vus comme proportion..
Démarche	pas en lien avec la démarche d'investigation.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	même constat qu'à la séance décrite au-dessus.
Références et liens	

5.4. Journal des apports du collectif de Fiana

5.4.1. Période décembre 2012- mars 2014

Avec quelle fréquence ?	dès le début
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	l'outil Google drive
Activité professionnelle	pour la formation des enseignants
Public-Thème	groupe de mutualisation de la pratique : 10 profs de spc
Démarche	
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	utilisation de google drive comme plateforme d'échanges de documents
Références et liens	

Avec quelle fréquence ?	janvier février 2014
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Mes repères sous forme de liste
Activité professionnelle	validation de mes séances où il y avait des hypothèses à faire faire
Public-Thème	4ème : optique, chimie 5ème segpa : dilution
Démarche	démarche d'investigation
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	j'ai utilisé mes repères (doc sur google drive) une fois que j'avais monté la séance pour "vérifier" si ma séance était opérationnelle mais aussi pour vérifier si mes repères étaient opérationnels.
Références et liens	le doc sur google drive avec ma liste de repère

Avec quelle fréquence ?	mars 2013
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	formation à l'ife
Activité professionnelle	formation personnelle
Public-Thème	l'hypothèse en maths, sciences, svt élaboration de projet
Démarche	un peu de lien mais dépasse l'hypothèse car on s'est intéressé au projet conduit en classe.
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	rencontre avec d'autres pratiques quelques apports théorique sur la présentation de la recherche sur la démarche d'investigation dans les 3 matières un outil : les cartes heuristiques.
Références et liens	

Avec quelle fréquence ?	mars 2014
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	futur formation (PAF 2014-2015)
Activité professionnelle	formation professionnelle
Public-Thème	profs spc ipr
Démarche	
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	aider les professeurs a créé leurs propres repères en partant pourquoi de "mes repères" dans l'idée d'amener un questionnement sur sa pratique pédagogique.
Références et liens	

Avec quelle fréquence ?	décembre 2014
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	vigilance sur le mot hypothèse en général→ découverte de l'aspect grammatical
Activité professionnelle	formation professionnelle
Public-Thème	
Démarche	en lien avec la syntaxe de la formulation d'une hypothèse
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	réinvestissement dans les séances avec des exemples de formulations pour les élèves en "si … alors"
Références et liens	travail sur un précis de grammaire pour l'agrégation de lettres classiques

5.4.2. Période mars 2014- juin 2014

Période	le 2 avril
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	mes répères et ma carte sur l'hypothèse
Activité professionnelle	préparation d'une démarche d'investigation qui s'est transformé sur une réflexion plus ciblée sur la formulation d'hypothèses sur des produits obtenus dans une transformation chimique
Public-Thème	3ème générale la réaction chimique entre le fer et l'acide chlorhydrique
Démarche	oui
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	le thème est "le fer et l'acide chlorhydrique" thème que je trouve particulièrement ennuyeux et qui tombe

	comme un cheveu sur la soupe dans le programme d'après moi **Pour me motiver (l'intérête créé pendant ce travail dans le collectif sur l'hypothèse rayonne sur ma pratique professionnelle, j'aime bien essayé de monter ce genre de séance)** , je me suis demandée comment faire une DI au lieu d'un cours classique en transmission de savoirs. N'arrivant pas à monter une DI toute entière, j'ai resseré en m'intéressant seulement sur une réflexion sur les produits formés. l'idée étant de faire prendre conscience que comme il ya conservation des éléments chimiques (niveau 4ème), on ne peut pas proposer n'importe quels produits donc on ne peut pas faire n'importe quelles hypothèses fiche avec 3 hypothèses : en groupe analyse sur quelle hypothèse est recevable est pourquoi ? TOUJOURS la même question en arrière plan, est-ce que tous les savoirs peuvent être construits avec une réflexion, autour des hypothèses ? je pense que non que tant que j'étais sur quelque chose d'aussi particulier que la réaction le fer sur l'acide, je n'y arrivais pas et quand j'élargis à un concept comme "la conservation des éléments chimiques" , ça fonctionne mieux à creuser pour la suite
Références et liens	

Période	le 8 avril
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	La méthode : observation entre collègue
Activité professionnelle	formation personnelle échange avec Mathilde
Public-Thème	séance de 4ème avec des travaux en groupes différents sur la correction d'un contrôle
Démarche	non
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	méthode d'observation : on doit se voir avec Mathilde pour voir ce qu'elle retient de ce

	qu'elle a vu et ce qu'elle ne retient pas.
Références et liens	

Période	permanent
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	thème théorique de l'hypothèse
Activité professionnelle	formation personnelle
Public-Thème	
Démarche	oui
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	recherche théorique sur livres en vu de la formation de l'année prochaine (livre de H'empel et un autre Philosophie et pédagogie du problème par Michel Fabre)
Références et liens	

Période	Le 22 avril
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	pas de support particulier mais comme d'habitude j'ai en tête ce qu'on a travaillé sur l'hypothèse (carte mentale, discussion sur l'hypothèse avec toi, …)
Activité professionnelle	Réflexion sur une démarche d'investigation
Public-Thème	4ème électricité
Démarche	oui

Comment cela a-t-il été réinvesti ?	j'ai décidé de formulé par rapport à l'année dernière autrement la question pour amener les élèves à faire une hypothèse avec un "si". Ceci m'a obligé à bien comprendre ce qui était nécessaire pour répondre à ce problème et voir ensuite à quoi ça correspond comme compétence. je les ai autorisé à penser l'hypothèse en même tant que l'expérience (montage électrique) tout en ayant obligatoirement une formulation écrite à la fin pour l'hypothèse et pas seulement un schéma d'expériences → plus ça va moins je suis dans une approche linéaire où on fait une chose avant une autre de manière imposée → je m'intéresse aussi de plus en plus "au problème"
Références et liens	

Période	le 18 avril
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	
Activité professionnelle	discussion sur l'hypothèse et l'épistémologie
Public-Thème	avec toi dans l'idée de la preparation d'une formation
Démarche	oui
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	idées renforcée de plusieurs types d'hypothèses et quelles sont celles qui m'intéressent le plus pédagogiquement et pourquoi : à creuser
Références et liens	

Période	le 13 mai le 20 mai (suite du 22 avril)
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	pas de support précis mais bcp de repères en tête sur comment m'y prendre
Activité professionnelle	formulation et exploitation des hypothèses
Public-Thème	4ème
Démarche	oui
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	support voir dans travail de prévision→ Fiana → 2014 → démarche 4eme elec la gestion des hypothèses a été plus simple, leur formulation même maladroite mettait en avant les concepts clés que je voulais traviller (la place de la lampe, la tension nominale, la tension du générateur) largement plus facile que l'année dernière car les hypothèses étaient plus claires et mieux ciblées. Preuve que la question était mieux posée, moins large, le problème faisait mieux penser les élèves seulement deux élèves par groupe où la démarche a été faite n'ont pas eu de formulation
Références et liens	

Période	le 13 mai et le 16 mai
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	idées débattues avec toi sur les différents types d'hypothèses
Activité professionnelle	formulation d'une solution technique
Public-Thème	3ème

Démarche	oui
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	activité de l'année dernière sur l'énergie où j'ai reformulé en changeant "faire une hypothèse" " Choisir votre solution technique" voir le doc déposé dans travail de prévision → Fiana → 2014 → démarche 3ème
Références et liens	

5.5. Journal des apports du collectif de Billy

5.5.1. Période décembre 2012 - mars 2014

Avec quelle fréquence ?	Une fois par an
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Questionnements autour du rôle de l'hypothèse dans la démarche scientifique
Activité professionnelle	Sortie scolaire
Public-Thème	Niveau Collège
Démarche	Élaboration d'hypothèses
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Motivation et émulation des élèves vis à vis du contexte du travail
Références et liens	Polycopié de sortie

Avec quelle fréquence ?	De plus en plus fréquente
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Organisation du travail des élèves observée en PC ou en Technologie
Activité professionnelle	Conduite de classe
Public-Thème	Niveau Collège
Démarche	Démarche d'investigation
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Travail en îlot des élèves qui a permis de développer le travail en groupe
Références et liens	

Avec quelle fréquence ?	Début d'année
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	grille de repères
Activité professionnelle	Préparation de cours
Public-Thème	Niveau collège
Démarche	élaboration d'hypothèses
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	La grille me sert d'indicateur pour mesurer le fiabilité de mes activités
Références et liens	Grille de repères

Avec quelle fréquence ?	Hebdomadaire
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Observation en mathématiques ou en PC
Activité professionnelle	Préparation de cours
Public-Thème	Cours particulier
Démarche	Elaboration d'hypothèses et de conjecture
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Les observations de mes collègues m'ont permis de décliner mon travail dans les disciplines scientifiques en prenant conscience des nuances philosophiques existante entre nos disciplines
Références et liens	

Avec quelle fréquence ?	Une fois par mois
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Recherche internet
Activité professionnelle	Curiosité pédagogique
Public-Thème	Niveau collège et lycée
Démarche	Démarche d'investigation
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Notre travail de groupe m'a incité à continuer à m'informer et à rechercher des idées ou des inspiration divers afin de continuer à alimenter ma réflexion et à compléter ma formation personnelle à mon activité professionnellee
Références et liens	Divers site internet

5.5.2. Période de mars 2014 - juin 2014

Avec quelle fréquence ?	Non planifiée
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	ressources du collectif + nouvelles ressources
Activité professionnelle	projet de classe
Public-Thème	collège
Démarche	démarche d'investigation
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	J'ai reçu un courrier de l'académie de Lyon concernant le concours CGénial et Faites de la Sciences et j'ai trouvé motivant l'idée de pouvoir adapter notre travail collectif à la réalisation d'un projet avec des élèves du collège autour d'un thème qu'il faudra définir avec mon collègue de SVT si celui-ci souhaite aussi y participer.

	Pour l'instant cela ne va pas plus loin mais je dois souligner que tout ce que notre collectif a pu m'apporter me permet d'envisager plus sereinement et surtout plus concrètement la participation à ce genre de concours avec peut être l'idée de centrer notre thème autour d'une problématique qui permette l'émergence d'hypothèses et donc d'intégrer notre réflexion commune à ce projet.
Références et liens	Lettre culture scientifique et technique n°9

Avec quelle fréquence ?	Quelques séances dans l'année
Ce que vous reconnaissez comme issu de votre participation au collectif	Ressources du collectif + Nouvelles ressources (utilisation de power point, …)
Activité professionnelle	Conduit de cours
Public-Thème	3ème
Démarche	préparation d'exposé oraux et démarche d'investigation
Comment cela a-t-il été réinvesti ?	Durant l'année, les élèves de 3ème ont des séances qui leur permettent de préparer des exposés oraux autour de thématique très diverses concernant le monde de la santé et de l'environnement. Pour cette année j'avais mis l'accent sur le rôle central des problèmes que les élèves devraient définir autour de leur thème d'exposé avant de se lancer sur la conception de leurs exposés. J'ai eu cette semaine la restitution de ces exposés et j'ai eu l'agréable sensation de voir des oraux durant lesquels la majorité des groupes ont fait apparaître dans le déroulé de leur production une tendance assez claire vers les étapes de la démarche d'investigation (observation de départ avec film ou image, formulation des problèmes, rarement l'émission d'hypothèses mais certains y ont pensé et puis le corps de l'oral avec l'explicitation du thème abordé en deux ou trois parties). Cette année, j'ai l'impression de les avoir influencé dans ce type de démarche autour de l'articulation de leur préparation d'oraux et je dois bien souligner que c'est clairement notre projet collectif qui est à la base de ce nouveau format de préparation des oraux que j'ai partagé avec les élèves et qui a au final (et selon moi) donner des exposés qui ont une pertinence et une rigueur très appréciable.
Références et liens	

6. Transcriptions des entretiens pré-séance

6.1. Transcriptions des entretiens de Mathieu

6.1.1. Entretien précédent la Situation S en 2013

1	**Chercheur**	**Peux-tu me précisez la ou les ressources qui ont été majeures pour démarrer ce travail de préparation ?**
2	**Mathieu**	D'abord, dans toutes les réunions qu'on a eues avant j'ai eu du mal à me positionner par rapport à la conjecture. Pour moi la conjecture, c'est essentiellement en géométrie, j'ai que 6e et des 5e donc les élèves ont peu d'outils pour démontrer après. A un moment, j'ai pensé à cette activité que j'avais déjà faite sur le calcul littéral, le passage du cas particulier au cas général et puis avec un moyen de vérification assez simple. On est parti de ça. Les ressources c'est essentiellement l'activité que j'avais donné avant et après on a essayé de construire un scénario autour un peu plus intéressant, un peu plus motivant pour les élèves, alors on avait même construit un scénario un peu farfelu qu'on a pas proposé, sur la mosaïque, c'était un peu débile, on voulait donner un contexte pour donner du sens au gamin puis en fait on a abandonné car on a plutôt pris le parti de faire des maths, ça ressemblait trop au sketch Gade Elmaleh sur la baignoire. C'était pour essayer de justifier ce passage à la généralisation. Je me pose encore la question est-ce que l'activité qu'on a proposé lundi est…, permet de faire émerger une hypothèse ou une conjecture, je le pense mais c'est encore pas la conjecture au sens mathématique où je l'entends.
3	**Chercheur**	**Est-ce que cette activité peut être une étape pour cet apprentissage des élèves ?**
4	**Mathieu**	Oui, parce que moi la derrière je vais dire il faut vérifier et dans l'esprit de la démonstration l'idée que des exemples ne suffisent pas en mathématiques à démontrer par contre qu'un contre-exemple peut permettre de démontrer qu'une assertion est fausse, l'activité qu'on va proposer permet de travailler ça mais c'est pas la conjecture au sens mathématiques. Je travaille en histoire avec mes 6e et là je peux leur parler de la conjecture de Fermat qui en 94 est devenue le théorème de Fermat car il a été démontré (…) pour moi le sens du mot conjecture il est là
5	**Chercheur**	**C'est-à-dire ?**
6	**Mathieu**	Et ben je suppose que sur la somme des angles fait 180°, il y a un mec qui a dû se dire, tient si on ajoute ça fait 180°. Est-ce que c'est vrai tout le temps ? Et bien maintenant je vais essayer de le démontrer. Et avant de le démontrer c'est une conjecture et une fois qu'on la démontré c'est un théorème. Pour moi j'étais plus, le mot conjecture c'est plus des grandes trouvailles comme celle-là.
7	**Chercheur**	**Si on relit ensemble les repères que tu as indiqué, est-ce que tu peux me dire en quoi ils t'ont aidé par rapport à d'habitude, en quoi ils t'ont conforté ? en quoi cela a été nouveau ? Tu as pris en premier « les objectifs pédagogiques » ?**
8	**Mathieu**	ça permet de les rendre beaucoup plus explicite que dans le travail qu'on conduit tout au long de l'année où on prend pas le temps de s'arrêter suffisamment sur les activités qu'on propose. Du coup, je sais que je peux en faire un point de départ de mon chapitre sur le calcul littéral, je sais où je vais parce que j'ai rappelé le programme, etc., etc. Je sais aussi que je suis à Barbusse et que c'est déjà difficile le calcul littéral en 5e mais c'est certainement encore plus difficile ici, je peux aussi communiquer avec mes collègues qui les auront en 4e, etc., etc. leur dit ce que j'ai fait (…).Cette activité, elle sert à justifier l'utilisation d'une lettre, il n'y a pas une réelle compétence au sens du programme mais il y a un vous voyez à quoi ça sert,

		vous voyez qu'on en a absolument besoin de la lettre, et souvent, si on est passé un peu vite, je m'attends à l'avoir monsieur on comprend rien avec vos lettres on peut pas prendre des nombre, et le but de cette activité c'est aussi d'avoir un peu moins d'élèves qui me disent ça parce qu'ils auront compris que la lettre généralise et qu'elle remplace n'importe quel nombre.
9	**Chercheur**	**Dans la situation de l'année dernière c'était le même objectif que tu t'étais fixé ?**
10	**Mathieu**	Oui, du coup les modifications elles sont liées à quelque chose que j'ai beaucoup apprécié dans toutes les discussions qu'on a eu, c'est le scénario, l'idée du scénario, alors ça fait écho aussi aux formations GFEN qu'on a eu mais l'idée du scénario c'est vraiment, je pense, j'espère que les élèves apprennent de par le contenu et de par la forme, ils arrivent à mémoriser une activité un peu, j'espère qu'ils se diront c'était une activité particulière, c'est le sens aussi du problème sans question, j'espère qu'ils 11seront marqués et qu'ils se rappelleront du ressenti.
12	**Chercheur**	**Le scénario c'est un terme qui est utilisé dans le cadre du GFEN ?**
13	**Mathieu**	Pas vraiment, c'est un terme qui me convient bien à moi.
14	**Chercheur**	**Comment tu le décris ce mot scénario ?**
15	**Mathieu**	C'est une sorte de mise en scène. On a vécu des activités où il y a des temps individuels, des temps collectifs, des temps en groupe, au GFEN, il y a des temps où il faut se lever, où il faut faire ça, on a pas forcément à l'avance, puisqu'on n'est pas au courant du scénario, on sait pas trop pourquoi on fait ça mais on se laisse guider et il y en a une, la formatrice, qui connait bien le scénario. C'est le sens aussi quand on dit, tiens l'activité elle est vachement bien ficelé, on a fait des choses et à la fin c'est une évidence, j'ai appris des choses.
16	**Chercheur**	**Et cette idée de construire un scénario c'est un peu nouveau, cela a émergé de la réflexion du groupe ? Pour toi, comment tu le situes ?**
17	**Mathieu**	je ne sais pas si tout le monde a adhéré mais je m'y suis bien retrouvé, j'ai trouvé cela dans la séance de Fiana, il y a un moment où il y a un échange, on fait des choses, voilà, peut être plutôt de parler de scénario c'est des étapes dans l'activité, mais voilà, il y a un fil conducteur, il y a un lien, à la limite au départ que le prof est le seul à connaître et ce lien les élèves peut être tacitement , peut être aussi explicitement, le retrouve, le fasse ce lien.
18	**Chercheur**	**Dans la séance que tu avais faite l'année dernière, pour toi il y avait un scénario ?**
19	**Mathieu**	Oui, mais, enfin, non il n'y a pas vraiment de scénario. Je le faisais en individuel avec mise en commun tout à la fin, voilà c'était pas un truc très élaboré, c'était plutôt voilà ce que j'attends de vous, vous avez 1 heure et puis c'est terminé. D'ailleurs, ça m'est arrivé de le donner en devoir à la maison avec une narration de recherche à faire. Donc c'est autre chose. Je pense que les élèves émettent une conjecture à la fin de la même façon mais pour le faire en classe c'est un peu creux. Là les adaptations que l'on a faite, je reprends la parole de temps en temps, je relance, …et puis voilà l'idée de la motivation aussi, est importante.
20	**Chercheur**	**Pour le problème sans-question, comment avez-vous choisi les 3 carrés initiaux ?**
21	**Mathieu**	On ne voulait pas prendre une série pour 3, 4, et 5 carreaux sur le côté sinon cela aurait donné 8, 12 et 16 et une suite logique pouvait émerger (+4) donc on n'a pas choisi trois valeurs consécutives. On a commencé par 4 carreaux sur le côté ce qui donne 12 sur le contour, puis 6 carreaux (ce qui donne 20), mais on a pas proposé 8 pour que les élèves détectent pas une suite logique donc on a proposé 10 carreau qui donne 36.
22	**Chercheur**	**Dans la situation initiale, il n'y avait qu'un carré proposé au départ. Comment avez- vous déterminé le nombre de carré à proposer aux élèves ?**
23	**Mathieu**	Il me semble que nous avons rapidement décidé d'en donner 3, sans trop y réfléchir. Une des raisons implicite voire inconsciente, c'est peut-être à cause du problème sans question : pas de question, d'accord, mais alors on leur donne plus d'exemples

		!!!
24	**Chercheur**	**(*à propos des repères*) alors il y avait le scénario, il y à l'aide aussi ?**
25	**Mathieu**	Alors, sur un scénario comme celui-ci, l'aide ça va être plus des… c'est des choses que Fiana a faite, c'est des encouragements, des choses plus individualisées, des, heu, soulever les questions. Voilà. Il y a des activités où ça peut être vraiment une aide individualisée avec, je sais pas on distribue un papier, tiens inspirez-vous de ça, là c'est plus des attitudes de prof. Dans l'aide, dans la deuxième adaptation qu'on a faite, on a essayé de lister tout ce qu'on pouvait dire et c'est plus ça que j'entends dans cette activité-là, et c'est lié à son scénario, en termes d'aide.
26	**Chercheur**	**Et pour toi ce repère « aide », il a été identifié au travers du travail du groupe ?**
27	**Mathieu**	Oui et puis ça fait ça fait écho à ce qu'on a vu en GFEN. C'est vraiment une chose à laquelle j'avais pas trop pensé, heu, je le faisais en improvisation, heu mais sans vraiment heu me pencher dessus et j'ai découvert que des attitudes ou des phrases ça se, on pouvait l'improviser mais éventuellement ça ne suffisait pas et que si on les couchait sur le papier ça pouvait donner la possibilité d'en avoir un peu plus et puis une aide ça peut être aussi un papier qu'on distribue, c'est une aide faites en quelque chose. Dans cette activité là on a pas bien vu qu'elle aide on pourrait donner sur un bout de papier qu'on distribuerait sans donner la réponse.
28	**Chercheur**	**Et le dernier repère c'est le choix du problème ?**
29	**Mathieu**	Je me suis beaucoup posé de question sur qu'est-ce que je fais déjà en 6e et 5e dans cette partie de l'année et qui colle le plus à l'émergence d'une conjecture, et que je pourrai du coup reprendre et adapter. Quel thème colle le plus à ça. Et voilà il y a un moment où j'ai choisi cette activité et j'ai choisi de ne pas en changer, maintenant je doute mais bon. Je suis pas sûr qu'on le fasse émerger de la part des élèves, autant que dans la séance de Fiana, parce que Fiana elle a eu un vrai temps où les élèves écrivaient la question, nous on est un peu plus frontal me semble-t-il car la première étape du travail, ben le problème sans question, ben à mon avis ça va être compliqué pour eux, c'est la première fois que je le teste, j'ai jamais donné de problème sans question. Donc on va bien voir. Je pense que ce sera difficile pour les élèves de la trouver la question. Et puis 2e étape la question elle est on ne peut plus clair, d'ailleurs, il y a eu une discussion avec Fiana qui disait vous êtes trop explicite. Ouais, mais c'est marrant car si on parle de problème ouvert, la question était beaucoup plus ouverte dans sa première version
30	**Chercheur**	**Tu veux dire dans la première étape de votre travail de préparation ?**
31	**Mathieu**	Oui, dans l'étape 1, la question était beaucoup, beaucoup plus ouverte. Le seul énoncé de l'activité c'était « Il y a 356 carreaux gris sur le contour de ce carré. Indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré », et plus la séance a approché, plus on a ressenti, en tous les cas moi, c'est de mon initiative et avec Mathilde on aura pas tout à fait la même formulation…pour être un peu plus explicite, le résultat c'est qu'on a fermé un tout petit peu le problème pour moi « Il y a 356 carreaux sur le contour de ce carré. Combien y a-t-il de carreaux sur le côté de ce carré? Et là, ils seront au travail, ils savent ce qu'ils cherchent. « Après l'avoir vérifiée sur les premiers dessins, explicite la méthode utilisée sur l'affiche ». Je suis pas sûre qu'ils comprennent, malgré tout le travail qu'on peut faire depuis la 6e, que moi ce qui m'intéresse c'est la méthode, mais au moins ils auront quelque chose à chercher et ils vont chercher le nombre de carreaux sur le côté du carré.
32	**Chercheur**	**Le changement entre la 1ere et 2e étape, la fermeture du problème comme tu dis, en fait, qu'est-ce qui vous a fait bouger ?**
33	**Mathieu**	C'est le fait que la séance approchait, on s'est dit mais mince, mais comment ils vont se mettre au travail, on était très optimiste au début et puis finalement, ben moi quand je lis « Indique une stratégie pour connaître le nombre de carreaux sur le côté de ce carré », qu'est-ce qu'on cherche d'après cette phrase ? Une stratégie, je suis pas sûre que, c'est pas un mot que j'ai déjà utilisé avec les élèves et je suis pas sûr qu'ils comprennent ce qu'on cherche. Du coup j'ai transformé et je vais leur

		indiquer qu'on cherche le nombre de carreaux sur le côté du carré. Pour moi, ils se mettront au travail et ensuite je valoriserai à l'oral la 2e partie de la question et ce sera d'ailleurs intéressant de voir ce qu'ils mettent en évidence sur l'affiche. Est-ce que c'est le nombre qu'ils ont trouvé ou est-ce que c'est la stratégie ?
34	**Chercheur**	**Si je reviens à l'étape 1, est- que tu peux me dire les commentaires qui t'ont, qui vous ont fait bouger ?**
35	**Mathieu**	Personne ne nous a dit qu'on se fourvoyait dans l'émergence de la conjecture ça ça a été relativement positif, l'originalité, le côté attractif. Il y a eu des doutes sur le problème sans question et là moi je pars à l'aventure, j'ai du mal à imaginer ce qu'un élève peut faire de ces 3 carrés. Je vais essayer d'encourager le plus possible en faisant attention de ne pas tout dévoiler. C'est aussi une nouvelle posture ça, que j'aime bien prendre, c'est : ne pas valider tout de suite, laisser les élèves exprimer leurs idées sans valider, sans invalider quand c'est faux et faire en sorte qu'ils commentent entre eux. C'est lié au stage GFEN, c'est lié aussi au travail que je fais en maternelle, si un élève me dit non, je laisse dire. J'ai un peu transposé cette attitude-là, c'est parfois un peu difficile à tenir, mais c'est assez, c'est toujours intéressant. Après, voilà, il y a des temps pour valider, il y a des temps où je peux rester en retrait, parce que c'est un peu chronophage aussi.
36	**Chercheur**	**Et quand tu dis qu'il n'y a pas de problème, il y a bien une question qui était « indique la stratégie » et qui s'est transformée en combien, donc il y a bien un moment donné où il y a une question ?**
37	**Mathieu**	La transformation, c'est juste, j'ai relu la question, et puis je me suis, enfin j'ai essayé de me mettre à la place d'un élève et je me suis dit : alors, qu'est-ce que je fais ? Qu'est-ce que je cherche ? Ah, une stratégie, mince, j'ai pas une question mathématique au sens habituelle du terme. D'habitude quand j'ai un problème, je cherche un résultat, là c'est quoi mon résultat, c'est une stratégie. Donc j'ai trouvé difficile, surtout en groupe, la mise au travail avec ça. C'est pour ça que j'ai changé et que je me suis dit, je vais être plus claire, on cherche ça, prenez un moment pour chercher ça. Finalement je leur demande quoi quelque part c'est presque une narration de recherche à 4 sauf que le, ouais en fait c'est pas tout à fait ça parce que dans la narration de recherche on veut savoir par où les élèves sont passés pour arriver au résultat quitte à expliquer ce qu'ils ont essayé même si ça marche pas, là c'est un peu vous justifierez votre résultat mais en amélioré.
38	**Chercheur**	**Tu dis que c'est une situation sans problème, mais au bout du compte il y a bien à un moment donné une question qui est posée aux élèves ?**
39	**Mathieu**	Oui, oui, le 1er temps est une question sans problème et il risque d'être déroutant
40	**Chercheur**	**Est-ce que tu saurais dire les commentaires qui ont participé à l'évolution de la séance ?**
41	**Mathieu**	Pour moi c'est pas tant les commentaires mais la réflexion. On a posé le truc, on a laissé un petit moment sans le regarder, juste répondre aux commentaires, puis oui, effectivement il y avait les doutes sur le mot stratégie, stratégie c'est un mot qu'on a jamais employé donc euh indique une méthode et c'est à ce moment-là que je me suis dit mais est-ce qu'on pourrait pas être beaucoup plus explicite sur la question, leur dire ce qu'on cherche, le nombre de carreaux sur le côté et puis après on leur demandera la méthode. Les commentaires, ils ont accompagnés notre réflexion.
42	**Chercheur**	**Là quand tu parles de l'activité de départ, c'est laquelle ?**
43	**Mathieu**	L'activité de départ, c'est l'activité de l'année dernière
44	**Chercheur**	**Tu as exprimé cette réflexion dans l'étape 1: « Le travail de groupe est une pratique inégalement répartie chez les profs de maths (contrairement, je pense, aux SVT et SPC) qui peut parfois apporter un enrichissement dans certaines activités » et je me demandais quelles sont les pratiques en mathématiques ?**
45	**Mathieu**	Dis autrement , c'est plus une pratique que je n'avais pas et que j'avais un peu de mal à mettre en œuvre, pour … heu, ben parce que les échanges, le seuil de

		tolérance au niveau du bruit, heu… et puis pas absolument persuadé que ça apporte, et puis quand même, je me suis rendu compte que, heu, le travail de groupe, quand il est réfléchi et quand ça n'est pas quelque chose qu'on … cette activité, je peux pas la donner en travail individuel, alors que celle de l'année dernière, je pouvais la donner en travail individuel. Quand c'est une activité qui ne peut se faire qu'en groupe, a priori forcément, le groupe est nécessaire. Dit autrement, si je donne l'activité de l'année dernière à faire en groupe alors qu'elle peut se faire individuellement, ben le groupe n'apporte rien, et c'est pas réfléchi. C'est quelque chose qu'on a constaté en 6e, faire faire en groupe des activités qui peuvent se faite tout seul et ben souvent on est très déçu du résultat me semble-t-il . On met pas des élèves en groupe juste pour dire de les mettre en groupe. Et c'est peut être ça que j'avais pas intégré et c'est peut être vers ça que je vais évoluer aussi.
46	**Chercheur**	**Dans la 2e étape, tu as eu à partir des commentaires une discussion avec Fiana**
47	**Mathieu**	Elle dit, mince je suis déçue, vous avez changé le mot stratégie est surprenant pour moi mais je comprends l'idée et moi j'interprète son commentaire comme c'est dommage que vous ayez fermé le problème, il me semble. Et du coup, elle en reste à comment peut-on faire pour connaître le nombre de carreaux sur le côté d'un carré ? Et d'ailleurs, c'est pas mal.
48	**Chercheur**	**Tu peux me dire comment vous avez travaillé avec Mathilde ?**
49	**Mathieu**	On s'est vu à des moments où on ne travaillait que là-dessus on s'est vu à 3 moments, in moment où on a élaboré la mosaïque, on a élaboré la mosaïque puis on a dit non, non on abandonne, et puis c'est elle qui a apporté l'idée du problème sans question, c'est vraiment elle, heu, j'ai dit banco, et puis après voilà sur la formulation de la question, ensuite j'ai rédigé l'étape 1, elle a apporté ses compléments et puis voilà.
50	**Chercheur**	**Dans la dernière étape peux-tu me décrire la différence entre vous deux ?**
51	**Mathieu**	Mathilde est d'accord avec la formulation de Fiana, elle ne veut pas demander aux élèves de justifier à partir des premiers carrés, elle souhaite réserver cela en aide. Moi j'ai envie d'être beaucoup plus, je souhaite leur donner le lien avec le premier document, mais ça peut évoluer car j'aime bien la formulation de Fiana.
52	**Chercheur**	**En quoi tu aimes bien la formulation de Fiana ?**
53	**Mathieu**	Je l'aime bien car elle utilise des mots simples, on a eu beaucoup de mal à poser la question de façon simple. Le mot stratégie, heu, explicite la méthode et Fiana elle propose comment ? Comment on peut calculer ? Et puis dans cette formulation de la question il y a aussi ce qu'on cherche, et j'ai plus besoin d'écrire la question « combien y a-t-il de carreaux sur le côté de ce carré » la formulation de la question comment, je pourrai me reposer dessus en disant aux élèves : il ne suffit pas de me donner le nombre de carrés, c'est comment vous l'avez trouvé qui m'intéresse. Il faudra du coup être clair sur ce que les élèves doivent écrire sur l'affiche. Il y aussi l'idée de Fiana dont je m'inspirerai : « faites des propositions ». C'est intéressant car des non matheux ont compris que la conjecture était dans la méthode, c'est évident mais c'est rassurant aussi.
54	**Chercheur**	**Vous avez réfléchi avec Mathilde sur ce que vous allez faire des propositions des élèves ?**
55	**Mathieu**	heu… pas vraiment. Certainement les afficher au tableau et puis les commenter, mais…au niveau du minutage on est pas super sûr, donc heu… si il reste du temps on les affiche, heu…en tous les cas on en aura une trace et elle seront affichées peut être pas lors de cette séance mais lors de la séance d'après, et puis après… Moi ce qui m'intéresse c'est qu'il y a plusieurs méthode qui peuvent conduire au bon résultat. Et après c'est la traduction de vous avez voulu généraliser quelque chose, comment on pourrait l'écrire ? Et j'espère que des élèves auront écrit dans leur méthode, sur leur affiche, des phrases du type le nombre de carré sur le contour divisé par 4 et moi la suite c'est plutôt d'écrire une phrase, utiliser une lettre.

6.1.2. Entretien précédent la Situation S en 2014

1	**Chercheur**	**Comment tu as organisé ton travail pour en arriver à la séance d'aujourd'hui ?**
2	**Mathieu**	J'ai commencé par un travail que j'ai fait de façon légère en sachant que je me plongerai beaucoup plus dessus certainement après les commentaires des copains, je l'ai fait de façon légère en envisageant pas mal de choses. Après, sur la discussion qu'on a eu à la dernière réunion, moi je suis beaucoup plus tranquille parce que mon hypothèse je sais où elle est, elle est, enfin la conjecture, elle est dans la généralisation et elle est dans ce qu'ils vont me dire en littéral, elle est dans l'idée de dire ben je prends mon côté, je le multiplie par 2 puis ensuite je reprends mon côté j'enlève 2 et je multiplie ça par 2 et ensuite j'ajoute tout.
3	**Chercheur**	**C'est ça que tu appelles le calcul littéral ?**
4	**Mathieu**	Alors, non c'est ça que j'appelle la formulation en langage naturel. Il faut déjà qu'il comprenne que je veux quelque chose qui marche pour n'importe quel carré
5	**Chercheur**	**cette façon de formuler, d'utiliser le langage naturel c'est quelque chose que tu utilisais avant ?**
6	**Mathieu**	Non, du tout, c'est une initiation. Après on va vite arrêter. Et puis en 5e, plutôt en 4e quand on commence à mettre des problèmes en équation, on pose tout de suite : je pose n le nombre de machin, puis on y va. La situation est plus riche mathématiquement en 5e et encore plus en 4e parce qu'on a le calcul littéral.
7	**Chercheur**	**cette expression « formulation en langage naturel » c'est une expression nouvelle pour toi ?**
8	**Mathieu**	Oui dans le document que j'ai trouvé j'ai trouvé cette expression formulation là, formulation en langage naturel et c'est vraiment le truc qui a fait tilt. Après la suite je sais que c'est gagné, ils vont, il y a 2 obstacles : il y a l'obstacle de la généralisation à n'importe quel carré, de n'importe quelle longueur de côté, ça c'est le premier obstacle et le deuxième obstacle c'est l'introduction de la lettre qui remplace un nombre et ça ils ont le temps, s'ils ne le font pas cette année, c'est pas grave, c'est tellement pas dans les objectifs du programme. La formulation en langage naturel, elle est là pour moi la conjecture. Sinon, j'avais pas suivi la discussion entre Fiana et Mathilde sur le problème sans question, heu, je comprends le point de vue de Fiana mais c'est un truc que j'ai tellement envie d'approfondir le problème sans question que j'ai gardé l'esprit mais avec un titre qui dit ce qu'il faut faire, du coup c'est quand même plus un problème sans question, non c'est plus un problème sans question, mais comme point de départ ça me plaisait bien. Dans l'idée de la discussion qu'on a eue à la réunion on disait qu'il y a conjecture souvent quand il y a généralisation, on étudie 3 cas particuliers avant de commencer quoi. Donc voilà. Et puis je me suis remémorée comment ça c'était passé en 5e, ce qui m'avait pas plus, notamment après le problème sans question la vraie mise en commun, le vrai temps de mise en commun où on se met d'accord sur ce qu'on travaille et j'en fais même une diapo, celle qui vient après 12, 20, 32 pour qu'on en discute, et que le travail ne soit pas que individuel pour qu'on en discute tous ensemble.
9	**Chercheur**	**Et tu t'es remémoré ou tu as eu besoin de relire des choses ?**
10	**Mathieu**	Non, je me suis vraiment rappelé de ce regret de ne pas l'avoir fait, de ce malaise que ça a, enfin malaise je m'entends mais, que ça m'avait, enfin des conséquences que j'avais subi après, heu, etc. Je l'aborde aussi de façon plus légère parce qu'on est beaucoup moins au programme de 6e. Donc l'esprit que je veux donner c'était vraiment on est en train de travailler sur les problèmes, mais des problèmes avec les opérations, des opérations posées, après c'est un problème sur lequel on va consacrer 2 heures, j'ai pas de vrai objectif de mon programme si ce n'est que c'est un problème ouvert, etc. Donc voilà. Après sur l'idée de généralisation, heu, il faut en faire des problèmes comme cela mais, il y aura pas de traces écrites, il y aura pas etc.

		Donc voilà. Et puis les réactions heu, la première réaction, c'est celle de Fiana qui met les pieds dans le plat en disant, mais elle est où ta conjecture ? Mais elle est où ? J'ai un peu, accusé le coup, j'ai lu les commentaires, j'avais pas du tout cette trame-là, j'avais pas vraiment de trame de scénario quand heu, le scénario, il date d'hier. Et puis la discussion à la réunion m'a quand même remis en confiance sur si, si il y a bien émission d'une conjecture etc., etc. Alors, Mathilde dirait que j'ai changé le sens par rapport à l'année dernière, l'année dernière on donnait le contour et il fallait trouver le nombre de carreaux sur le côté, et cette année je change de sens je reviens au sens avec lequel je connaissais cette activité et ça me parait plus logique dans l'idée de généraliser, ce sens-là me semble plus logique, je donne le nombre de carré sur le côté, il faut trouver le nombre de carreaux sur le contour, heu, et puis après, hier je me dis, ah, oui, je cherche un peu sur Internet, j'avais déjà fait des recherches, je me disais comment je vais m'en sortir, et là j'ai trouvé la pépite, je trouve ce truc de l'IREM de Clermont, et je dis : oui, la trame c'est ça. Alors, la formulation des questions, comme c'est une analyse de séance, il y a pas la vraie formulation des questions, il y a pas le vrai matériel, par exemple, la première feuille que je distribue, il y a pas ça, mais moi je lis ça et je construis mon diaporama et je sais un peu près comment ça va se passer
11	**Chercheur**	**En quoi elle t'a éclairé cette fiche ?**
12	**Mathieu**	C'est ce que je te disais tout à l'heure, c'est la formulation en langage naturel, oh, ouais, je me dis ben ouais, Fiana avait pas tellement tort, il y en a une de conjecture mais j'arrivais pas à la placer, là, en lisant ça, je me dis, elle est là. Pour le travail de groupe, les 5e de l'année dernière ils étaient pénibles, j'étais un peu en conflit avec eux, je faisais pas de travail de groupe à 24. Là on est constamment disposé en groupe, Marie a pour tâche d'aider son voisin c'est pas inscrit dans la charte de la classe mais pas loin, tout comme, il y a une vraie pratique du travail de groupe, non mais ma salle elle est tout le temps comme cela, et on a fait des travaux de groupe, on a fait des trucs rigolo, hors maths en accompagnement personnalisé on a fait des trucs sur l'apprentissage. Vu la disposition, je peux d'un claquement de doigt me dire d'abord, ça c'est, j'avais pas prévu mais c'est intéressant qu'il le fasse en groupe, et ben, allez maintenant vous êtes en groupe, alors que la disposition classique ne le permet pas.
13	**Chercheur**	**Et les propositions de la fiche de Clermont elles correspondent à la situation que tu as construite ?**
14	**Mathieu**	Grosso modo oui, en fait les 4 phases, c'est vraiment ça, ça m'a aidé à visualiser les temps, les phases. Après sur l'individuel et la mise en groupe c'est moi qui ait dit que je ferai plutôt comme cela, mais la phase 1 on est sur les cas particuliers, alors même 37, même le 144 on le valide à la fin de la phase 1, la phase 2 on passe sur la méthode, sur sa description. Je veux qu'ils aient une méthode et qu'ils arrivent à l'exprimer à partir du carré de 37 parce que sur le carré de 9 de côté, on sait pas s'ils trouvent une explication, ils peuvent tellement trop compter que c'est difficile de savoir si ils trouvent avec une méthode. Pourquoi 37, parce qu'on peut pas le dessiner.
15	**Chercheur**	**Et pour enchainer, quand ils ont trouvé 144**
16	**Mathieu**	Il faut qu'il trouve leur méthode et après traduire cette méthode avec des phrases pour n'importe quel carré et le n'importe quel carré il faudra que j'insiste, n'importe quel nombre de carreaux sur le côté du carré. Je voulais leur faire faire des affiches, j'ai bien aimé aussi le moment où en réunion on a dit les affiches c'est bien mais faire une synthèse d'affiches c'est un travail affreux, la mise en commun des affiches c'est… faire une affiche ça permet de se mettre d'accord ça permet à un moment de fixer les choses à un moment mais faire des affiches pour placarder pour pouvoir, ils s'écoutent pas, ils sont pas concernés, c'est pas eux qui l'on fait, là faire des affiches c'est juste pour écrire des phrases en grand pour les, pour, je pourrai leur dire comment vous avez fait et les écrire au tableau et ils seraient là en train de

		reconstruire le truc, là au moins ils l'auraient fixé , donc voilà, après c'est le petit apprentissage en mathématiques on a l'habitude d'utiliser des lettres, ce que vous avez écrit vous allez essayer de le traduire en une opération, sachant qu'il leur manque beaucoup de chose parce qu'ils leur manque les parenthèses de priorité de calcul mais on en a déjà un peu parlé, donc c'est pour ça que le calcul littéral en 6e on est très très très léger. Je pourrai leur rappeler que Pi est une lettre, une lettre qui a un sens différent que la lettre N parce que la lettre N qu'on utilise ici remplace n'importe quel nombre, la lettre Pi ne remplace pas n'importe quel nombre. Et puis après il y a un travail à faire aussi sur le sens du signe = mais pas en 6e. Un égal, une égalité littéral veut dire que c'est vrai quel que soit le nombre par lequel je remplace les lettres alors que 2 + 2 = 4 c'est pas le même sens du signe =.
17	**Chercheur**	**Les différentes aides que tu as proposées**
18	**Mathieu**	Comme repère l'aide, cette fois ci parce que, parce que j'en sais rien, parce qu'on a dit à la dernière réunion qu'on était toujours pauvre enfin, c'est vrai qu'on sait jamais comment individualiser comment, le problème c'est le même pour tout le monde mais comment je peux, et là j'ai essayé des choses, j'en ai anticipé. Alors, j'ai pour tout le monde l'animation des coins qui clignotent et une aide individuelle la suite induite, avec les carrés 12, 16, 20, ça je peux pas le donner à un seul élève puisqu'ils travaillent en groupe, quand je le donne, je le donne à tous les élèves du groupe. Mon aide c'est pour qu'ils voient 12, 16, 20, ha, tiens, il y a une progression par 4. Ensuite j'ai fait 2 aides collectives en fonction de comment ça se passera, les coins qui clignotent et la diapo sur le carré de 37 sur le côté. Tu vois par rapport à tous les repères dont on a parlé, le scénario c'est venu hier soir, ce que j'appelle le scénario c'est le découpage, c'est partager les temps individuels et les temps collectifs. Je sais plus pourquoi, mais dans le document de l'IREM il est dit que quand même ce serait intéressant de leur montrer ce carré de 37 de côté, donc je le fais, j'en ai un peu bavé informatiquement mais je le fais et je l'ai sous la main. C'est important d'avoir les aides matérielles à disposition et pouvoir être réactif en fonction des besoins. Tu vois dans le scénario, le découpage, le déroulement phase 1, phase 2 j'ai rien inventé. J'ai décidé de faire l'activité en Power Point, je le fais rarement ça. Les Power point c'est plutôt les rituels de 5minutes en début de chaque heure pendant que je fais l'appel, c'est la première fois que j'utilise le vidéoprojecteur de cette façon pour donner le déroulé du cours, apporter des aides.
19	**Chercheur**	**L'animation elle t'est venue comment ?**
20	**Mathieu**	Je l'ai trouvée, j'ai tapé, apparemment cette activité s'appelle le carré bordé, je l'ai cherché sur Internet, à un moment j'ai trouvé sur une autre activité cette animation qui n'a d'ailleurs rien à voir avec ça. Ce carré, tu l'as et tu le projettes en fonction de comment ça se passe, tu l'as et tu projettes quand il faut, quand la majorité est capable de le recevoir.
21	**Chercheur**	**Concernant la remarque de Fiana qui dit « Est-ce que cette activité va faire formuler des hypothèses ou est-ce que cette recherche fait élaborer des solutions ? » elle fait des différences entre les termes hypothèses et solution, qu'est-ce que tu en penses ?**
22	**Mathieu**	Ça fait un moment que je me dis que dès qu'on a un problème et qu'on cherche une solution, est-ce que quand j'ai la solution et que je suis pas sûre est-ce que je suis pas en train de conjecturer la solution ? C'est une peu trop facile, ça voudrait dire que tous les problèmes amènent à une conjecture, la semaine dernière on en était presque là dans la discussion, et puis finalement non, il faut qu'il y ait en mathématiques cette idée de généralisation et puis il n'y a pas que l'idée de généralisation, il n'y a pas que dans ce type de problème là qu'on fait des conjectures. Après l'idée de concept je la conçois, le concept ici, ce serait , est-ce que le concept se trouve pas dans la généralisation ? dans l'idée de généraliser ? Je sais pas. C'est pas un concept en maths au même titre que le concept de triangle, de nombre etc. Ou alors, si, le concept c'est la formule parce que je suis en train de leur

		faire trouver et écrire en français une formule, et là du coup, c'est un concept.
23	**Chercheur**	**Et la diversité de formulation des conjectures, tu les avais entrevues**
24	**Mathieu**	Oui, pédagogiquement l'activité est intéressante en mathématique pour cette raison, mais pas que, il y a plein de façons de le voir, il y a n +(n-1) + (n-1) + (n-2), il y a n+n+(n-2) puis il reste n-2, il y a heu, n-1 fois 4, il y en a qui sont capables de le voir en 5e et 4e. Je pars du premier coin et je vais pas jusqu'au coin, je m'arrête juste avant parce que j'en ai besoin pour compter et puis après, il y en a qui passe par l'aire mais c'est beaucoup plus rare
25	**Chercheur**	**Et est-ce que dans les commentaires de tes collègues sur ton premier jet il y a eu des éléments forts qui ont joué sur ta préparation ?**
26	**Mathieu**	Oui, on a parlé du problème sans question, la question de Fiana (*je suis perdue par ce problème ouvert, je pense que c'est un type d'activité très intéressante pour motiver les élèves et les impliquer mais est-ce que c'est ce qu'il y a de plus pertinent pour faire formuler des hypothèses, je commence à douter ?*), mais c'est aussi le document de l'IREM, quand je vois la formulation en langage naturel, je me dis mais c'est bon, ma conjecture elle se trouve là, ma conjecture c'est : « nombre de carreaux sur le contour égal nombre de carreaux sur le côté X 2 plus nombre de carreaux sur le côté moins 2 fois 2 » et puis voilà, j'espère qu'ils vont écrire quelque chose qui ressemble à ça
27	**Chercheur**	**du coup, qu'est-ce que tu penses de la discussion de l'autre jour sur le repère « anticiper la formulation des conjectures » et sur sa place dans la préparation ?**
28	**Mathieu**	C'est peut être ce que j'avais pas l'année dernière en 5e, mais aussi du au sens qu'on proposait : on donnait le nombre de carreaux sur le contour et il fallait trouver le nombre de carreaux sur le côté ce qui n'est pas le même sens que ce que j'ai fait là et je pense que c'est aussi à cause de ça que les élèves de l'année dernière en 5e ont eu du mal, heu, on connait la formule du périmètre, du cercle, mais on connait pas de formule, enfin on repart de celle-là mais on n'apprend pas par cœur Diamètre = périmètre divisé par Pi, c'est absurde, et donc là c'était un peu la même chose, ça met une difficulté de plus dans l'établissement de la conjecture. Avant de découvrir le document de l'IREM j'étais sûre que je voulais travailler dans ce sens-là, j'étais sûr que je voulais changer ça par rapport à l'année dernière, oui parce qu'en plus c'était pas clair l'année dernière. Dans le problème sans question, on leur donnait le nombre de carreaux sur contour et dans la question qu'on posait, on disait il y a tant de carreaux sur le contour, combien il y en a sur le côté ? C'était un peu bizarre.
29	**Chercheur**	**Tu as eu le temps de suivre la séance de Mathilde cette année**
30	**Mathieu**	Non, pas cette année, on en a reparlé vaguement, pis comme elle l'a redonné en 5e, moi je savais que j'étais en 6e que j'avais quelque chose de neuf à, voilà. Si on en a discuté dans le sens où suite à ça, elle a refait le problème sans question, c'est suite à ça que Fiana lui a dit ben, ça les occupe un peu trop, et du coup j'ai essayé de profiter de cette remarque-là. Qu'est-ce qu'il y avait d'autres (*comme commentaire*), oui, 12, 16 et bien 20, et puis 20 sans compter. Oui bon 12, 20, 36 pourquoi j'ai viré 36, parce qu'il était trop grand en portrait, du coup je me retrouve avec 32.
31	**Chercheur**	**Quand on compare les repères utilisés l'année dernière et cette année, ce sont plus les mêmes**
32	**Mathieu**	Ce sont plus les mêmes ! Non, en fait j'ai essayé de coller à ce que j'avais raconté (*dans la MRD*). Et pour le coup, maintenant qu'elle est faite, je me reconnais bien là-dedans. Cibler un thème une connaissance c'est un peu léger parce que je suis pas vraiment dans le programme, choisir un problème, bon, ben voilà, et puis après le scénario de toute façon, je jure que par ça depuis le début. (…)

33	**Chercheur**	**après il y avait « Anticiper les conjectures »**
34	**Mathieu**	J'aimais bien l'idée de Billy, si je l'ai comprise, c'est de dire je prends mon programme et je liste toutes les conjectures qu'il y a dedans, mais les conjectures sur les concepts, un peu ce que disais Fiana, et après je vois pour trouver un problème et puis une mise en scène qui puisse répondre à ça. Du coup, moi j'aurai fait avec le périmètre du cercle et le contour du carré, j'aurai fait un peu des deux, le périmètre c'est vraiment un gros concept du programme, et celle que je viens de faire c'est plus lié au problème quoi. On vient pas de faire une découverte mirobolante.

6.1.3. Extrait de transcription précédent la Situation S'

1	**Chercheur**	**Peux-tu me raconter comment tu as mis en place cette séance ? De quoi es-tu parti ?**
2	**Mathieu**	Les années précédentes, c'est vrai que j'ai pas retrouvé la séance, on allait dehors, on allait mesurer des périmètres en mettant ses pieds bout à bout, donc c'était la tête de raquette, il y avait le rond central d'un terrain de basket, etc., etc. et on induisait tout. Mesurer le diamètre, puis on venait en classe et on faisait calculer le rapport périmètre mesuré divisé par le diamètre et on observait toujours la même chose et on enquillait avec la proportionnalité. Là, ça ressemble à ça mais j'ai essayé de centrer un peu plus sur mesurer et calculer (…)
3	**Chercheur**	**J'ai repris les différentes ressources dont tu as donné les liens, est-ce qu'il y en a qui ont retenu ton attention ?**
4	**Mathieu**	Il y en a pas plus une que l'autre, le résultat que je vais proposer on en est relativement loin. Simplement là j'ai cherché au CM2 ce qui pouvait se faire avant, je suis pas sûre qu'ils arrivent tous au CM2 sur la découverte de Pi (…) les docs que j'avais trouvé on reste sur le même principe. Peut-être que ce que je propose induis moins, je vais pas proposer la colonne P/D.

6.2. Extraits de l'entretien pré-séance de Mathilde (Situation S en 2013)

1	**Chercheur**	**Peux-tu indiquer les ressources qui ont joué les rôles les plus importantes ?**
2	**Mathilde**	On s'est demandé quelle activité pouvait conduire à proposer des hypothèses et là j'avoue que le choix du calcul littéral c'est lui qui a fait ce choix-là, moi j'aurai pu le faire sur n'importe quelle domaine de notre progression, ça me dérangeait pas mais lu il avait plus envie de le faire là-dessus et ça m'arrangeait parce que j'avais pas prévu, ce serait un peu passer à la trappe, donc c'était pas plus mal de le faire (...). Après les ressources ben, à la base lui il avait fait, enfin moi aussi je l'avais déjà vu cette activité indépendamment de lui et je l'avais vu vraiment bien guidée, on n'a pas retrouvé tous les deux notre document de départ en fait (...) il y avait un point de départ qui était son sujet et on s'est vraiment posé la question comment on va formuler le truc. (...)
3	**Chercheur**	**On va relire ensemble les repères utilisés et tu vas me dire en quoi ils t'ont aidé**
4	**Mathilde**	(...) le repère cibler l'objectif pédagogique, c'est plus lui qui l'a fait .(…) J'avoue que là c'est moi qui ai eu l'idée (*du problème sans question)*, pour moi ça va dans le sens de ce que j'ai déjà fait.
5	**Chercheur**	**On va relire ensemble les commentaires de tes collègues dans l'étape 1 et tu vas me dire ceux qui ont le plus guidé la suite de ton travail et comment**
6	**Mathilde**	(...) ça c'est entre deux portes, elle me dit mais j'ai repensé à un truc, ton mot stratégie j'ai peur que ça les bloque et c'est après coup je me suis dit ouais, ouais, c'est claire, la stratégie ça marche pas. Alors du coup je l'ai remplacé par méthode et après on s'est dit "indique une méthode pour connaître" et c'est là que Mathieu a eu un peu de flottement en me disant mais j'ai peur que ce soit trop flou alors on devrait peut être leur demander tout de suite quel est le nombre. Et là Fiana dit ça retombe tout (...) A propos du problème sans question : Il y a souvent cette idée, on va travailler sur un truc mais j'ai pas envie de leur dire ce que c'est, je les laisse un peu chercher et puis après, vous avez compris ce que vous allez chercher, il y a une question qui se pose. J'avoue que là c'est moi qui ait eu l'idée, pour moi ça va dans le sens de ce que j'ai déjà fait, ils sont habitués à être surpris, c'est pour ça aussi que j'ai confiance, je sais que j'en ai déjà vu, j'ai fait une activité grâce au GFEN sur les nombres relatifs (...)c'est pour ça que je me suis dit, le fait de ne pas mettre de question t'es obligé, tu pars déjà dans des hypothèses c'est sûr, parce que tu sais pas et il y a aucune hypothèse qui est fausse tant que t'as rien dit tout est possible c'est ça qui est même riche tu vois, je vois Filomène, c'est là qu'on est bien l'élève se sent pas dans l'erreur il est forcément dans du positif si tu veux. Cette première activité c'est pour faire des hypothèses, soulever des questions, souvent même je leur demande de les écrire toutes les questions qu'ils se posent et après on part des questions qu'ils se posent et il y a une question qui revient on va la traiter. (...)
7	**Chercheur**	**Dans la première étape vous faisiez référence à une mosaïque sur le sol d'un château, comment vous avez laissez tombé cela ?**
8	**Mathilde**	Parce qu'on s'enfermait dans un truc, en fait notre problème c'est qu'on voulait dessiner la mosaïque au sol mais on s'est lancé dans un texte qui ne collait pas avec la réalité, il y avait un problème de sens, à vouloir trop coller au concret, on en perdait le sens, l'application concrète de cette formule ne sert à rien. Moi ça m'a posé un problème à quoi ça sert de faire chercher une formule qui ne sert à rien.
9	**Chercheur**	**En dehors des échanges que tu as eu au travers des commentaires et de nos réunions, peux-tu décrire les autres échanges que tu as eus ?**
10	**Mathilde**	On a pas parlé de ce qu'on fait avec les autres collègues de maths, j'avoue qu'on est un peu dans notre bulle, si il y a un moment on a demandé quand on était parti de notre idée des 3 carrés sans question on a demandé justement aux autres collègues qui étaient là dans la salle, n'importe lesquels, un prof de techno, d'histoire-géo, on a demandé qu'est-ce que tu penses que c'est et là ils sont parti dans des trucs rien à

		voir, on pensait pas avoir des réactions comme cela, je me suis dit c'est pas si simple que ça parce que pour moi c'était évident. (...) Mathieu a un moment il proposait de donner des feuilles A3 avec sur la feuille A3 les 3 petits carrés en haut, et puis laisser du blanc partout pour que les élèves se disent ah, il va y avoir une suite derrière, ces 3 petits carrés nous engagent à réfléchir