



HAL
open science

La restauration de figures : une ingénierie didactique au début de l'école élémentaire. Étude des schèmes et des processus de validation

Karine Vieque

► **To cite this version:**

Karine Vieque. La restauration de figures : une ingénierie didactique au début de l'école élémentaire. Étude des schèmes et des processus de validation. Mathématiques générales [math.GM]. Université Paris Cité, 2022. Français. NNT : 2022UNIP7315 . tel-04499739v2

HAL Id: tel-04499739

<https://theses.hal.science/tel-04499739v2>

Submitted on 11 Mar 2024

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

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

Université Paris Cité

ED Savoir, Sciences, Éducation (623)

Laboratoire de Didactique André Revuz (EA 4434)

**La restauration de figures : une ingénierie
didactique au début de l'école élémentaire**

Étude des schèmes et des processus de validation

Par Karine Vieque

Thèse de doctorat de didactique des disciplines - Mathématiques

Dirigée par Cécile Ouvrier-Bufferet

Présentée et soutenue publiquement le 9 décembre 2022

Devant un jury composé de :

Magali Hersant, Professeure des Universités, Université de Nantes, Rapportrice ;
Fabien Emprin, Professeur des Universités, Université de Reims, Rapporteur et Président du Jury ;
Marie-Jeanne Perrin-Glorian, Professeure des Universités Émérite, Examinatrice ;
Anne-Cécile Mathé, Maitresse de Conférences, Université de Clermont-Ferrand, Examinatrice ;
Joris Mithalal, Maitre de Conférences, Université de Lyon, Examineur ;
Cécile Ouvrier-Bufferet, Professeure des Universités, Université de Paris Est Créteil, Directrice de
Thèse ;

Membres invités : Edith Petitfour et Christine Mangiante (co-encadrantes de la thèse).



Except where otherwise noted, this work is licensed under
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/fr/>

Titre : La restauration de figure : une ingénierie didactique au début de l'école élémentaire - Étude des schèmes et des processus de validation

Résumé :

Les problèmes de restauration de figures permettent de développer une flexibilité de regard sur les figures, nécessaire pour la géométrie du primaire et du secondaire. Cependant, au début de l'école élémentaire, la conceptualisation en géométrie et l'usage raisonné des instruments sont à construire. Nous nous demandons alors comment amener les élèves de 7-8 ans à argumenter et valider les actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure. Dans cette thèse, nous nous intéressons particulièrement aux schèmes que mobilisent les élèves lors de la restauration de figures et lors des processus de validation. Nous nous intéressons également aux interventions de l'enseignant qui impactent le développement des schèmes des élèves. Pour cela, nous avons développé une ingénierie didactique de manière à mettre en relation la question de la validation des actions avec la construction de connaissances dans un processus d'apprentissage. Nous avons également accompagné l'enseignant dans la gestion des situations afin d'impliquer les élèves dans l'explicitation de contradictions et processus de validation. La thèse ouvre par ailleurs des perspectives pour aborder la pratique de la preuve à l'école élémentaire.

Mots clefs :

restauration de figure - schèmes - école élémentaire - ingénierie didactique - validation

Title : Figure restoration: a didactic engineering at the beginning of elementary school - Study of the schemes and the validation process

Abstract :

Figure restoration problems help to develop a flexible way of looking at figures, which is necessary for elementary and secondary school geometry. However, at the beginning of elementary schools, conceptualization in geometry and the well-argued use of instruments are to be built. Therefore, we ask how to engage 7-8 years old pupils to argue and validate the instrumented actions achieved to restore a figure. In this PhD thesis, we specifically study the schemes that pupils mobilize during figure restoration and validation processes. We are also interested in analyzing teacher's interventions that impact the development of pupils' schemes. For this purpose, we have developed a didactic engineering in order to link the validation of actions with the construction of knowledge in a learning process. We also accompanied the teacher in the implementation of the situations in order to engage the pupils in the explanation of contradictions and validation processes.

We also open perspectives for addressing the practice of proof in elementary schools.

Keywords :

Figure restoration - schemes - elementary school - didactic engineering - validation

Remerciements

Cette thèse n'aurait pas vu le jour sans la participation directe ou indirecte d'un certain nombre de personnes. A ce titre, je vais les remercier ci-dessous.

Je remercie tout d'abord Cécile Ouvrier-Bufferet d'avoir accepté de diriger ma thèse. Merci à Cécile pour sa présence, son accompagnement, sa bienveillance et ses encouragements. Merci aussi pour cet esprit de partage, pour le fait d'être allée au-delà du questionnement lors de nos échanges. Les retours de Cécile, toujours très explicites, m'ont permis de comprendre pourquoi ce que je faisais convenait ou pas. Ils m'ont permis de développer les connaissances et compétences nécessaires pour avancer et cheminer dans ma recherche, mais aussi le monde de la recherche. J'ai beaucoup grandi à ses côtés. Merci !

Je remercie également Edith Petitfour et Christine Mangiante, d'avoir co-encadré ma thèse, dans le prolongement de mon Master Recherche en Didactique des Mathématiques. Merci à Edith pour sa rigueur, son regard expert sur l'analyse de l'action instrumentée des élèves dans le contexte de la géométrie des tracés. Merci Christine d'avoir suivi mes premiers pas en didactique des mathématiques depuis l'encadrement de mon Master Expertise et Ingénierie de la Formation.

Merci aux membres de mon jury pour l'intérêt porté à mon travail. Leurs questions et remarques me seront utiles pour poursuivre et enrichir mon travail. Merci à Marie-Jeanne Perrin-Glorian pour nos échanges ponctuels et toujours très constructifs autour de la restauration de figures.

Merci au groupe des jeunes chercheurs du LDAR : Corentin, Macarena, Elann, Dorian, Matias, Cécile, Agnès, Francesca, Sara et tous les autres. Nos temps d'échanges m'ont permis de me sentir moins seule dans le Nord de la France et de m'intégrer à la communauté. Merci à Macarena pour sa présence, son écoute et ses conseils toujours très justes. Merci à Matias, mon demi-frère de thèse, dirigé lui aussi par Cécile. Merci Matias pour ces trois années d'échanges réguliers autour de notre travail de thèse, mais aussi pour tous les autres bons moments partagés.

Merci à mon Inspectrice, Régine Heudre, chargée de la Mission Mathématique du Pas de Calais, pour le soutien qu'elle m'a apporté et qui a contribué à la réussite de mon projet. Merci également à mes collègues pour leurs messages d'encouragement et de soutien tout au long de cette dernière année, ils et elles se reconnaîtront ! Merci aux deux enseignantes qui ont accepté de participer à l'expérimentation et de se laisser filmer dans un contexte sanitaire bien particulier lié au Covid. Sans elles, il n'y aurait pas eu de recherche possible.

Merci Laurent et Leila de m'avoir tendu la main lorsque j'en ai eu besoin. Merci d'avoir partagé vos outils du monde du visuel, de m'avoir formé pour que je puisse être plus efficace dans mes méthodes de travail. De la géométrie au dessin, il n'y a qu'un pas... avec au cœur l'idée de favoriser la compréhension et la réussite de tous, si fondamentale à mes yeux.

Merci à mes amis de mon milieu sportif pour toutes les bouffées d'oxygènes accordées, pour les kilomètres partagés en courant, en roulant ou en nageant. Merci notamment à Malou pour ses appels réguliers, les moments partagés, son amitié avec un grand A.

Merci à Elisabeth pour sa présence, son écoute et son accompagnement bien être qui aura grandement contribué à l'aboutissement de ma thèse.

Enfin, merci à mes parents pour leur soutien au quotidien.

Table des matières

REMERCIEMENTS	4
TABLE DES MATIERES	6
INTRODUCTION.....	13
PARTIE I : CONTEXTE ET PROBLEMATISATION	19
CHAPITRE 1 : ÉTUDE DE LA GEOMETRIE DES TRACES DANS LA SCOLARITE OBLIGATOIRE	21
1.1 La figure matérielle, objet d'étude et support de validation pragmatique à l'école élémentaire	21
1.1.1 Caractéristiques de l'apprentissage de la géométrie	22
1.1.2 Présence de ruptures dans l'enseignement de la géométrie	23
1.2 Un espace pour construire des actions et des déclarations validées par leur efficacité spatiale.....	26
1.2.1 La modélisation spatio-géométrique	26
1.2.2 L'introduction de l'espace graphique des représentations.....	27
1.3 Une situation fondamentale pour enseigner les savoirs de la géométrie à l'école élémentaire	31
1.3.1 La restauration de figure.....	31
1.3.2 Une théorie dont le contenu fonde les schèmes d'usage géométrique des instruments.....	34
1.4 Travaux menés autour de la proposition de situations de restauration de figures au début de l'école élémentaire.....	37
1.4.1 Deux types de contributions concernant les situations proposées aux élèves.....	37
1.4.2 Le rôle du langage dans l'apprentissage de la géométrie.....	38
1.5 Conclusion et première problématisation.....	41
CHAPITRE 2 : ÉLABORER UNE INGENIERIE DE SITUATIONS POUR ETUDIER LES SCHEMES ET LES PROCESSUS DE VALIDATION AU DEBUT DE L'ECOLE ELEMENTAIRE.....	45
2.1 Intégrer l'étude des schèmes dans la conception de situations d'apprentissage 46	
2.1.1 Les notions de situation fondamentale et de champ conceptuel.....	46
2.2.2 Les notions de milieu, de variables didactiques et d'adaptation.....	47
2.2 Le rôle du langage pour construire un corpus de savoirs et savoir-faire partagé 51	
2.2.1 Des outils pour modéliser d'autres types de situations	51

2.2.2.	<i>Précision de la problématique</i>	54
2.2.3.	<i>Le rôle de l'enseignant</i>	56
2.2.4.	<i>Conclusion sur le rôle de l'enseignant et nouvelle question de recherche</i>	62
2.3.	<i>La pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire</i>	64
2.3.1.	<i>De la recherche d'explications à la preuve</i>	64
2.3.2.	<i>Modéliser des situations qui mettent en relation connaître et prouver</i>	66
2.3.3.	<i>Une pratique d'argumentation</i>	68
2.3.4.	<i>L'objet-argument comme type logique d'invariants opératoires</i>	70
2.3.5.	<i>Conclusion</i>	72
2.4	<i>Rôle de l'enseignant dans la gestion de situations appelant une pratique d'argumentation et de preuve</i>	74
2.4.1	<i>L'étude des pratiques enseignantes relatives à la gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation</i>	74
2.4.2	<i>Des compétences spécifiques pour favoriser le débat entre les élèves</i>	75
2.4.3	<i>Des besoins en termes de ressources et de formation</i>	78
2.4.4	<i>Une proposition de travail de l'argumentation</i>	79
2.4.5	<i>La pratique de la preuve et de l'argumentation dans les programmes actuels de l'école élémentaire en France</i>	80
2.4.6	<i>Conclusion et précision de notre problématique</i>	82
 PARTIE II : METHODOLOGIE		84
 CHAPITRE 3 : FONDEMENT DES METHODES DE CONCEPTION D'UNE INGENIERIE DE SITUATIONS ET D'UNE INGENIERIE DE CONDUITE DE CES SITUATIONS		86
3.1	<i>Élaboration des problèmes de restauration</i>	86
3.1.1	<i>Utiliser la notion de variable didactique</i>	87
3.1.2	<i>Prise en considération de la visualisation géométrique pour définir des valeurs relatives à la variable didactique figure</i>	88
3.1.3	<i>Étude des différentes formes de représentations graphiques du concept de point</i>	90
3.1.4	<i>Choix de la valeur de la variable didactique : « instruments mis à disposition »</i>	92
3.1.5	<i>Choix des valeurs de la variable didactique « figure »</i>	93
3.1.6	<i>Choix des valeurs de la variable didactique : « amorce »</i>	94
3.2	<i>Présentation succincte de la dialectique de situations élaborée</i>	96
3.2.1	<i>Situations d'action proposées</i>	96
3.2.2	<i>Situations de formulation proposées</i>	103
3.2.3	<i>Situation de validation proposée</i>	108
3.2.4	<i>Situation de décision proposée</i>	112
3.3	<i>Rôle de l'enseignant</i>	115

3.3.1	Rôle de l'enseignant attendu dans la gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation	116
3.3.2	Rôle de l'enseignant attendu dans la gestion du processus de validation des propositions des élèves	122
3.4	Élaborer une dialectique de situation d'action, de formulation, de validation et de décision	133
3.4.1	Action : situation, dialectique.....	134
3.4.2	Formulation : situation, dialectique.....	138
3.4.3	Validation : situation, dialectique	141
3.4.4	Décision : situation, dialectique.....	145
3.5	Étudier les schèmes des élèves	147
3.5.1	Schème dont l'émergence est visée dans la suite de situations d'action	148
3.5.2	Schèmes dont l'émergence est visée dans les autres types de situations.....	154
CHAPITRE	4 : FONDEMENT DES METHODES POUR LES ANALYSES	158
4.1	Méthodes d'analyse des schèmes des élèves.....	158
4.1.1	Méthode d'analyse des schèmes d'action des élèves	158
4.1.2	Méthode d'analyse du schème communicatif des élèves	164
4.1.3	Méthode d'analyse du schème discursif des élèves	169
4.2	Méthodes d'analyse des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'évolution des schèmes des élèves	176
4.2.1	Méthode d'analyse des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves dans la mise en œuvre des situations d'action et de formulation	177
4.2.2	Méthode d'analyse des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'émergence du schème discursif des élèves dans la mise en œuvre des situations d'action, de formulation, de validation et de décision.....	181
	PARTIE III : EXPERIMENTATION	188
CHAPITRE	5 : CONTEXTE DE L'EXPERIMENTATION	188
5.1	Public (choix des enseignantes, profils, binômes).....	188
5.2	Dévolution de l'ingénierie aux enseignantes.....	189
5.3	Durée de l'expérimentation, répartition des séances dans le temps.....	189
CHAPITRE	6 : ANALYSES A PRIORI	191
6.1	Situations d'action - analyses a priori.....	191
6.2	Situations de formulation orale à autrui - analyses a priori	199
6.3	Situations de validation - analyse a priori	203
6.4	Situations de décision - analyse a priori	205
CHAPITRE	7 : DONNEES RECUEILLIES.....	208
7.1	Méthode de recueil des données.....	208

7.2	<i>Description des données recueillies</i>	209
CHAPITRE 8	<i>: ANALYSES A POSTERIORI</i>	211
8.1	<i>Sous-questions de recherches pour l'expérimentation</i>	211
8.2	<i>Analyse a posteriori des situations d'action (problèmes 2, 3 et 4)</i>	212
8.2.1	<i>Données utilisées</i>	212
8.2.2	<i>Analyse globale des schèmes d'action mobilisés par les élèves</i>	213
8.2.3	<i>Analyse détaillée de l'évolution conjointe du concept de point et des schèmes d'action d'un élève : cas de Paul</i>	220
8.2.4	<i>Analyse détaillée des difficultés d'une élève</i>	231
8.2.5	<i>Analyse de la gestion par l'enseignante de la phase de validation</i>	233
8.3	<i>Analyse a posteriori des situations de formulation</i>	267
8.3.1	<i>Données utilisées</i>	268
8.3.2	<i>Analyse globale de la mobilisation du schème communicatif des élèves</i>	269
8.3.3	<i>Analyse détaillée du schème communicatif de Paul</i>	273
8.3.4	<i>Analyse détaillée du schème communicatif de Noémie</i>	280
8.3.5	<i>Analyse de l'impact des interventions de l'enseignante sur l'émergence et la mobilisation du schème communicatif des élèves</i>	285
8.3.6	<i>Analyse globale de l'émergence du schème discursif des élèves</i>	291
8.3.7	<i>Analyse détaillée de l'émergence du schème discursif de Paul</i>	294
8.3.8	<i>Analyse détaillée de l'émergence du schème discursif de Lisa</i>	299
8.3.9	<i>Analyse de l'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème discursif des élèves</i>	303
8.4	<i>Analyse a posteriori de la situation de validation</i>	308
8.4.1	<i>Données utilisées</i>	309
8.4.2	<i>Analyse du schème communicatif des élèves</i>	310
8.4.3	<i>Analyse de la gestion par la première enseignante de la validation des énoncés des règles d'actions produits par les élèves</i>	313
8.4.4	<i>Analyse de la gestion de la validation des énoncés des règles d'actions produits par la seconde enseignante</i>	317
8.5	<i>Analyse a posteriori de la situation de décision</i>	320
8.5.1	<i>Analyse des schèmes mobilisés par les élèves dans la « situation de décision »</i>	320
8.5.2	<i>Analyse des interventions de l'enseignante dans la gestion des arguments écrits par les élèves</i>	332
PARTIE IV	<i>: CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES</i>	340
CHAPITRE 9	<i>: CONCLUSIONS DES RECHERCHES</i>	340
9.1	<i>Conception d'une ingénierie didactique pour initier les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire, dans le contexte de la restauration de figures</i>	341

9.2	Réponses aux questions de recherche	345
9.2.1	Rappel du contexte expérimental	345
9.2.2	Les types de schèmes mobilisés par les élèves dans la dialectique de situations d'action, de formulation, de validation et de décision élaborée	346
9.2.3	Les connaissances et compétences mobilisées par les élèves relatives à la pratique de l'argumentation et de la preuve	349
9.2.4	Limites de la recherche.....	350
9.2.5	Interventions de l'enseignant qui impactent l'émergence et le développement des schèmes des élèves	351
CHAPITRE 10	: PERSPECTIVES.....	357
10.1	Perspectives axées sur la conception d'ingénierie de situations intégrant des situations de décision	357
10.2	Perspectives axées sur les pratiques enseignantes.....	360
10.3	Perspectives axées sur la formation des enseignants.....	361
BIBLIOGRAPHIE.....		362
TABLE DES FIGURES.....		368
TABLE DES TABLEAUX.....		371
ANNEXES		376
LISTE DES ÉLÉMENTS SOUS DROITS		750

Introduction

Notre étude porte sur l'enseignement de la géométrie plane au début de l'école élémentaire. Nous nous intéressons à un type de problème spécifique défini par Perrin-Glorian et Godin (Perrin-Glorian et Godin, 2014) : les « problèmes de restauration de figures ». Cette approche s'est développée dans les travaux de recherche d'un groupe dit *de Lille* il y a maintenant une vingtaine d'années. Elle se poursuit aujourd'hui, toujours dans le Nord de la France mais aussi à Clermont-Ferrand, Bordeaux ou encore Bruxelles. L'approche de la restauration de figures vise à construire une certaine cohérence dans l'enseignement de la géométrie sur l'ensemble de la scolarité obligatoire.

L'un des buts poursuivis par la proposition de problèmes de restauration de figures est en effet de développer, dès l'école élémentaire, un regard sur les figures compatible avec le regard nécessaire pour conduire une démonstration dans la géométrie du secondaire. En effet, regarder une figure pour y voir ce qu'il faut géométriquement y voir ne va pas de soi. Duval (2015) souligne que cela nécessite notamment le développement d'une manière de voir mathématique. Cette dernière est une condition incontournable pour comprendre et utiliser les propriétés géométriques. Elle repose sur la déconstruction dimensionnelle des formes. Si nous prenons l'exemple d'un carré, il est tout d'abord vu comme une surface. Il s'agit alors d'apprendre à y voir des unités de dimensions inférieures comme des segments et des points. Ainsi, la restauration de figures est un moyen d'agir sur le développement de la visualisation géométrique (Duval, 2005) dès l'école élémentaire.

Un autre but poursuivi par les chercheurs à l'origine de l'approche de la restauration de figures est de développer l'usage géométrique des instruments. Cet usage représente un autre point de continuité à construire entre la géométrie de l'école élémentaire et celle du secondaire. Pour Mathé et al. (2020), l'usage géométrique des instruments repose sur l'idée de « conduire les élèves à construire des schèmes d'utilisation des instruments reposant sur un système d'invariants opératoires compatible avec la structuration logique de la géométrie théorique » (p. 70). Il s'agit donc de construire un certain continuum entre la théorie de la géométrie instrumentée pratiquée à l'école élémentaire et la théorie de la géométrie du secondaire.

Nous pouvons identifier la présence des problèmes de restauration de figures dans les programmes officiels du cycle 2 (élèves de 6-8 ans) : « La reproduction de figures diverses, simples et composées est une source importante de problèmes de géométrie dont on peut faire varier la difficulté en fonction des figures à

reproduire et des instruments disponibles » (BO n° 11 du 26/11/2015, pp. 82-83). La variable associée à l'usage des instruments y est indiquée pour varier les difficultés des problèmes à reproduire. Dans le cadre d'une recherche que nous avons réalisée pour notre mémoire de Master (Vieque, 2019), nous avons élaboré des situations de restauration que nous avons expérimentées dans une classe de CE2 (élèves de 8-9 ans), en fin d'année scolaire. Il s'agissait de restaurer la médiane d'un carré avec la règle et une bande de papier comme instruments. Nos analyses nous ont amenée à identifier des moments d'incompréhension entre élèves et enseignants au moment de l'explicitation et la validation des restaurations réalisées par les élèves. En effet, les démarches d'une grande partie des élèves de cet âge sont perceptives : les élèves utilisent notamment la règle pour effectuer des tracés en prenant appui sur des informations visuo-spatiales sur la figure. Ils ne prennent pas en compte les propriétés des figures, par exemple la nécessité de situer certains points au milieu des segments. Pour autant, la restauration de la figure réalisée par ces élèves peut être validée par la superposition d'un calque de la figure modèle sur la figure restaurée. De fait, nous avons observé des élèves ne pas comprendre la non-validation de l'enseignante, celle-ci prenant appui sur la notion de milieu d'un segment non mobilisée et conduisant à la production d'actions instrumentées erronées réalisées avec la règle pour restaurer la figure. C'est ainsi que notre réflexion s'est portée sur la question de la validation par les élèves des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure.

Notre travail de thèse cherche ainsi à contribuer aux travaux menés autour de la restauration de figures en y intégrant la question de la validation. La continuité de l'enseignement de la géométrie de l'école élémentaire au collège, et notamment les conditions qui permettraient aux constructions instrumentées de contribuer à la conceptualisation de notions géométriques *via* la proposition de problèmes de restauration de figures, nous conduisent à poser la question suivante :

Comment amener les élèves du cycle 2 (élèves de 6-8 ans) à s'interroger et à discuter sur la validité des actions instrumentées qu'ils réalisent lorsqu'ils restaurent une figure ?

La problématique de la validation est présente dans les programmes officiels, et ce dès le début de l'école élémentaire : « au cycle 2, on apprend à justifier de manière rationnelle. Les élèves, dans le contexte d'une activité, savent la réaliser mais aussi expliquer pourquoi ils l'ont réalisée » (BO n°30 du 27/07/2018, p. 2). Toujours au cycle 2, nous pouvons également lire dans les programmes officiels : « étayé par le professeur, l'élève s'essaie à ... expliquer, démontrer ... Le discours produit est argumenté et prend appui sur des observations et des recherches et non sur des croyances. (ibid., p.6). Nous pouvons alors nous interroger sur

l'interprétation des verbes justifier, expliquer, démontrer, argumenter par les enseignants. De quelle manière appréhendent-ils le développement de ces compétences chez les élèves ? Quelles situations proposent-ils ? Perçoivent-ils les enjeux mathématiques sous-jacents à une pratique d'argumentation et de preuve dès l'école élémentaire ?

Si la question de la preuve dans l'enseignement des mathématiques a fait l'objet de nombreux travaux dans la littérature scientifique, elle reste peu étudiée au niveau de l'école élémentaire (e.g. Mariotti et al. 2018). Les recherches internationales soulignent pourtant le rôle important de la preuve dans la compréhension des mathématiques. Ils affirment que les preuves sont porteuses de connaissances mathématiques (e.g. Hanna et Barbeau, 2010 ; Hanna et De Villiers, 2012). Les recherches existantes au niveau de l'école élémentaire traitent de deux thématiques : « la formation des enseignants de l'élémentaire et l'étude de situations particulières ». Les recherches montrent alors combien il est complexe pour les enseignants « non experts » de soutenir l'activité de preuve des élèves à l'école élémentaire (e.g. Stylianides, 2016). C'est ainsi que dans leur synthèse des recherches internationales sur la preuve, Mariotti et al. (2018, p.86) appellent de nouvelles recherches pour étudier le rôle de l'enseignant, notamment dans la gestion de situations d'apprentissage concernant la pratique de l'argumentation et la preuve.

Plan de la thèse

La **PARTIE I** de la thèse est consacrée aux appuis théoriques. Nous allons chercher quels outils théoriques mobiliser pour appréhender le développement conjoint de la conceptualisation en géométrie et l'usage géométrique des instruments dans le contexte de la restauration de figures, avec pour objectif complémentaire d'engager les élèves dans un processus de validation des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure.

Le **Chapitre 1** permettra de situer les problèmes de restauration dans le champ des recherches existantes. Nous allons notamment mettre en évidence certains éléments clés de notre étude : le statut de la figure dans le mode de validation pragmatique pratiqué à l'école élémentaire (Houdement et Kuzniak 2006), la problématique de modélisation spatio-géométrique (Berthelot et Salin, 1992) dans laquelle s'inscrivent les problèmes de restauration de figures, l'usage des instruments et le rôle du langage (e.g. Duval, 2005 ; Petitfour, 2015 ; Mathé et Mithalal, 2019). Nous présenterons alors les enjeux que sous-tend la proposition de problèmes de restauration de figure à l'école élémentaire en termes de continuum avec la géométrie du secondaire.

Les éléments que nous allons soulever des travaux existants nous permettront de faire émerger notre problématique et de proposer, à la fin de la première partie, une première formulation de nos questions générales de recherche.

Le **Chapitre 2** vise à présenter une discussion sur les apports théoriques que nous allons mobiliser pour élaborer notre méthodologie, à la fois pour concevoir une ingénierie didactique de situations (e.g. Brousseau, 1998) et pour nos analyses (e.g. Vergnaud, 1991 ; Petitfour, 2015). Nous allons tout d'abord étudier comment intégrer l'étude de la formation des schèmes (Vergnaud, 1991) dans la conception de situations d'apprentissage. Nous allons ensuite chercher comment amener les élèves à produire les énoncés de savoirs à valider. Nous poursuivrons avec la question relative à une pratique d'argumentation à l'école élémentaire (e.g. Duval, 1992 ; Balacheff, 1987 ; Plantin, 1996). Nous aborderons alors sur quoi fonder les critères d'acceptation des arguments par les élèves (Vergnaud, 1991). Nous prendrons en considération le rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre de situations appelant la gestion de processus d'argumentation, de validation et d'institutionnalisation des savoirs (e.g. Duval, 1992 ; Vergnaud, 1991 ; Balacheff, 1987 ; Brousseau, 1998 ; Perrin-Glorian, 1993), dans le contexte des préconisations institutionnelles actuelles concernant une pratique d'argumentation et de preuve au début de l'école élémentaire (BO n°30 du 27/07/2018). Nous préciserons et compléterons progressivement nos questions générales de recherche tout au long de ce deuxième chapitre. A la fin de celui-ci, elles seront formulées de la manière suivante :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

QR2 : Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ?

La **PARTIE II** de la thèse est consacrée à la présentation de notre méthodologie. Le **Chapitre 3** présente les fondements théoriques des différentes méthodes utilisées pour concevoir une ingénierie de situations dans le contexte de la restauration de figures, dans l'objectif d'étudier les schèmes et les processus de validation des élèves. Nous développerons et argumenterons nos choix en termes

de variables didactiques, dialectique des situations (Brousseau, 1998), situations de décision et de validation (Balacheff, 1987), pratique d'une argumentation (Plantin, 1996) dans le contexte de la restauration de figures. Pour les besoins de notre recherche, nous nous concentrerons sur l'étude des schèmes des élèves et nous introduirons deux types de schèmes (le « schème communicatif » et le « schème discursif ») en appui sur les travaux de Vergnaud (2001/2).

Le **Chapitre 4** présente les fondements théoriques des méthodes d'analyses.

Nos analyses vont porter sur les schèmes mobilisés par les élèves sur chacune des situations proposées. Nous commencerons par indiquer comment nous allons analyser la mobilisation des trois schèmes d'action appelés dans la résolution de la famille de problèmes que nous avons élaborée. Nous indiquerons ensuite de quelle manière nous allons analyser l'émergence du schème communicatif et discursif des élèves. Nous utiliserons notamment pour cela les outils d'analyse d'un schème en termes de composantes définies par Vergnaud (1991) et l'analyse des types de langage définis par Petitfour (2015).

Nos analyses porteront également sur le contenu des interventions de l'enseignant lors de la phase de validation des propositions des élèves. Pour analyser l'impact du contenu des interventions de l'enseignant sur l'émergence des schèmes des élèves : les schèmes d'action, mais aussi le schème communicatif et le schème discursif, nous indiquerons comment nous allons analyser le contenu de ces interventions de l'enseignant.

En arrière-plan, même si notre objet d'étude ne concerne pas les pratiques enseignantes, nous porterons attention à l'appropriation du scénario que nous avons donné aux enseignantes pour adopter une pratique d'argumentation et de preuve dans la phase de validation. Notre attention portera aussi sur les institutionnalisations locales des connaissances et des compétences menées par les enseignantes. Notre but est d'identifier des besoins de formation lors de l'analyse du rôle des deux enseignantes qui vont expérimenter l'ingénierie de situations dans la perspective d'accompagner les enseignants dans une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire.

La **PARTIE III** de la thèse est consacrée à l'expérimentation de l'ingénierie de situations. Cette dernière, composée de huit séances, a été expérimentée par deux enseignantes exerçant en classe de CE1 (élèves de 7 ans), entre fin 2021 et mars 2022.

Le corpus de données comprend, pour chacune des deux classes et des huit séances : l'enregistrement de la séance mise en œuvre par les enseignantes, les enregistrements de l'activité de six élèves, les fiches avec les productions de tous les élèves.

Nous présenterons l'analyse des schèmes des élèves sur chaque type de situation.

Cela nous permettra notamment de rendre compte et d'analyser l'émergence et la mobilisation progressive : - des schèmes d'action dans les situations d'action, - des schèmes communicatif et discursif des élèves dans les situations de formulation, - des règles d'action et du schème communicatif écrit dans la situation de validation, - des arguments validant une action instrumentée dans la situation de décision. Nous présenterons également l'analyse de la gestion par les deux enseignantes des phases de validation des procédures des élèves et de l'institutionnalisation locale de connaissances et de compétences en jeu.

La **PARTIE IV** de la thèse résume les principaux résultats de la thèse et présente des perspectives de recherche.

Les résultats permettront de soulever des perspectives quant à la suite à donner à l'ingénierie didactique élaborée, ainsi qu'à propos de la formation des enseignants engagés dans la proposition de scénarios relatifs à une pratique de preuve et d'argumentation à l'école élémentaire.

PARTIE I : CONTEXTE ET PROBLEMATISATION

Le schéma ci-dessous vise à faciliter le suivi de notre réflexion.

Dans chaque section, nous allons tout d'abord présenter une discussion relative à un questionnement que nous avons eu. Nous présenterons ensuite, dans des cadres spécifiques intitulés : « Ce que nous retenons de la discussion », les ancrages théoriques qui vont constituer le cadre théorique de la thèse. Nous précisons notamment comment nous allons les utiliser et les articuler pour concevoir une ingénierie de situations et des méthodes d'analyse.

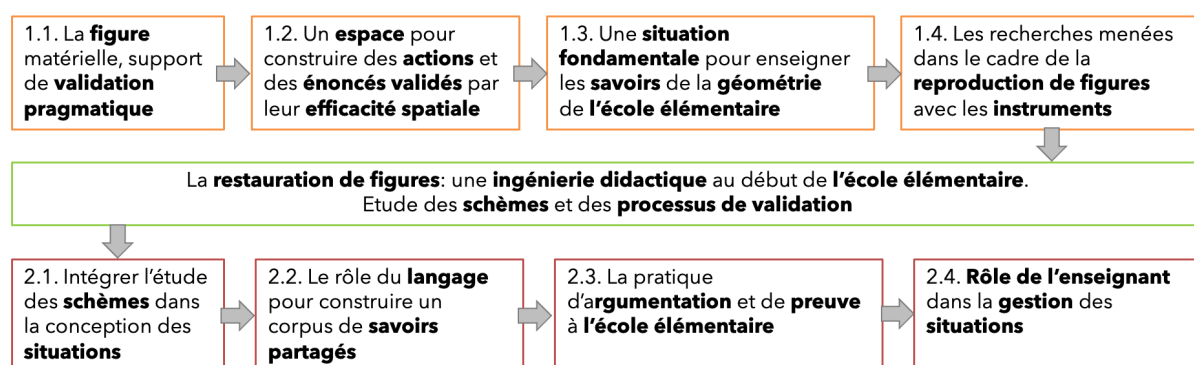


Figure 1: Suivi de notre réflexion théorique dans les chapitres 1 et 2

Notre questionnement initial est le suivant :

Q initial : Comment amener les élèves du cycle 2 (élèves de 6-8 ans) à s'interroger et à discuter sur la validité des actions instrumentées qu'ils réalisent lorsqu'ils restaurent une figure ?

Pour répondre à cette question, nous allons tout d'abord étudier les apports théoriques à prendre en considération dans le champ de la géométrie plane. Le premier chapitre vise à présenter une discussion autour des caractéristiques de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie plane dans la scolarité obligatoire en France, c'est-à-dire de l'école élémentaire (cycle 2 (6-8 ans) et cycle 3 (9-11ans)) au début du collège (11-15 ans). Nous commencerons par présenter une discussion autour des caractéristiques de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie plane dans la scolarité obligatoire en France, c'est-à-dire de l'école élémentaire (cycle 2 (6-8 ans) et cycle 3 (9-11ans)) au début

du collège (11-15 ans). Nous aborderons ensuite le type de problèmes que nous étudions : les problèmes de restaurations de figures. Nous présenterons alors les enjeux que sous-tend la proposition de ce types de problèmes à l'école élémentaire en termes de continuum avec la géométrie du secondaire.

Cette première étude nous permettra de situer notre travail dans le champ des recherches existantes sur l'enseignement de la géométrie plane et de préciser notre questionnement initial.

Le deuxième chapitre vise à étudier la littérature de manière à identifier les outils théoriques à mobiliser pour élaborer une ingénierie didactique ayant pour objectif d'étudier les schèmes et les processus de validation des élèves. Les questions que nous posons sont les suivantes :

Q2.1 : Comment intégrer l'étude et la formation des schèmes dans la conception d'une situation à usage didactique ?

Q2.2 : Comment amener les élèves à produire des énoncés à valider ?

Q2.3 : Comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

Q2.4 : Comment penser la mise en œuvre de situations appelant des processus d'argumentation, de validation et d'institutionnalisation des savoirs et savoirs faire dans un contexte de classe ordinaire au cycle 2 (élèves de 6-8 ans) ?

Chapitre 1 : Étude de la géométrie des tracés dans la scolarité obligatoire

Dans ce premier chapitre, nous soulevons tout d'abord l'importance à accorder au statut de la figure, support de validation pragmatique à l'école élémentaire. Nous pointons alors un espace, situé entre l'espace physique et l'espace théorique, dans lequel il est possible de construire des actions et des énoncés validés par leur efficacité spatiale. Nous présentons ensuite une situation fondamentale pour enseigner les savoirs de la géométrie de l'école élémentaire. Nous présentons enfin les recherches menées dans le cadre de la reproduction de figures avec les instruments.

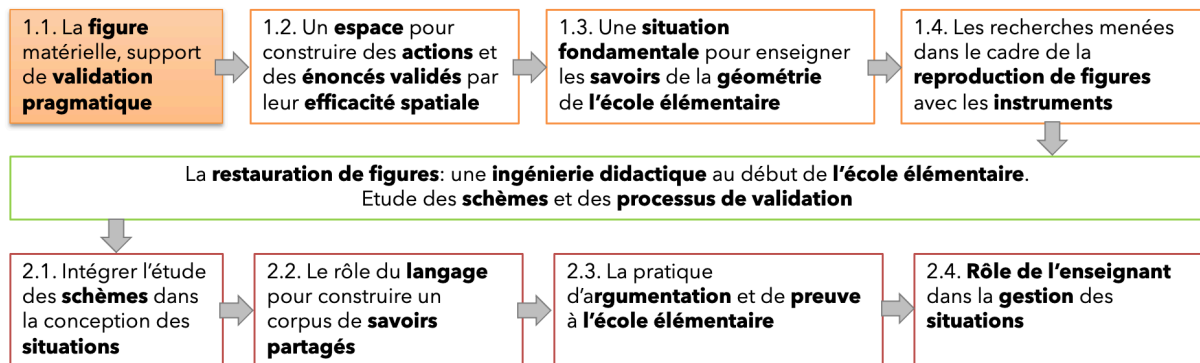


Figure 2: suivi de notre réflexion théorique (1.1)

1.1 La figure matérielle, objet d'étude et support de validation pragmatique à l'école élémentaire

Nous commençons par présenter et discuter, dans cette première section, des caractéristiques de la géométrie et de ses conséquences sur son enseignement sur la scolarité obligatoire. Notre intention est de mettre ici en évidence le double statut de la figure.

1.1.1 Caractéristiques de l'apprentissage de la géométrie

Laborde (1988) rappelle qu'une « première caractéristique de la géométrie réside dans les liens complexes qu'elle entretient avec l'espace physique qui nous entoure. Elle indique que la géométrie s'est constituée en partie comme modélisation de cet espace physique » (Laborde, 1988a, p. 341). Elle explique alors que des savoirs culturels et sociaux coexistent avec les savoirs théoriques de la géométrie. D'un côté, il y a « l'étude des rapports de l'homme avec l'espace, qui recouvre les problèmes de la perception, de représentation des objets physiques dans l'espace ainsi que la modélisation des actions et des opérations sur ces objets » (Laborde, 1988b, p.76). D'un autre côté, il y a « la géométrie en tant que lieu privilégié d'une rationalité poussée à son point d'excellence. » (Laborde, 1988b, p. 76). Le rapport à la géométrie développé par un individu va donc dépendre des situations qui lui seront proposées.

Brousseau (2000) indique, à propos des situations, que :

Une des approches de la didactique des mathématiques consiste à modéliser non seulement les connaissances que l'on veut enseigner ou celles qu'un sujet apprend, mais aussi les conditions dans lesquelles elles se manifestent. Les situations sont des modèles minimaux qui "expliquent" comment telle connaissance intervient dans les rapports particuliers qu'un sujet établit avec un milieu pour y exercer une influence déterminée (Brousseau, 2000, p. 4).

Berthelot et Salin (1992) proposent alors, en appui sur les apports de Brousseau, de prendre en considération trois problématiques liées à la manière de traiter les problèmes posés dans l'espace sensible. Les deux premières renvoient aux deux finalités (pratique, théorique) de la géométrie. La troisième renvoie à une problématique de modélisation. Ces problématiques se résument de la manière suivante :

- La problématique pratique : le problème est posé dans l'espace sensible, les rapports à l'espace sont effectifs, « ils sont contrôlés de manière empirique et contingente », par les sens. La validation se fait dans l'espace sensible.
- La problématique géométrique : le problème, le traitement et la validation se situe dans le cadre de la géométrie théorique, selon des règles établies. Les rapports à l'espace, par exemple à la figure peuvent être effectifs mais sont régis par les définitions et les règles de fonctionnement des objets géométriques qu'elle représente.
- La problématique de modélisation : le problème est posé dans l'espace sensible mais on ne peut pas le traiter directement dans cet espace : on le traduit dans un modèle où se fait la résolution ; le résultat est retraduit à son tour dans l'espace sensible et la validation se fait dans l'espace sensible. (Perrin-Glorian, Mathé et al. 2020, p. 25-26).

Nous poursuivons avec l'étude des deux premières problématiques.

Brousseau (2000) soulève, concernant les problématiques pratique et géométrique, que la distinction entre connaissances de l'espace et géométrie n'est pas évidente pour les élèves et peu prise en charge par l'enseignant. Selon lui :

Elle est pourtant très importante dès lors que l'on prend la géométrie non plus comme une connaissance utile pour elle-même mais comme un moyen pour l'enseignement d'initier l'élève au raisonnement déductif ou comme initiation à l'usage d'une théorie mathématique. La confusion entre les différentes fonctions de la géométrie comme moyen de représentation de l'espace ou comme modèle d'une activité mathématique est source d'erreurs, de malentendus et d'échecs (Brousseau, 2000, p. 9).

Laborde (1988a) aborde alors un autre aspect de la géométrie. Elle explique que les différentes médiations sont sources d'ambiguïté « de par la nature des objets qu'elles représentent et les liens qu'elles entretiennent avec ces objets » (Laborde, 1988a, p.342). Elle explique que « cette ambiguïté se traduit par un conflit pour le dessinateur d'objets matériels de l'espace physique, un conflit de choix entre ce qu'il sait et ce qu'il voit (Parzysz, 1988). » (Laborde, 1988a, p.342). Elle soulève alors que cette double médiation des représentations graphiques est une autre grande caractéristique de la géométrie à prendre en considération. Elle fait néanmoins le constat que cette distinction est, à son époque, peu prise en charge dans les contenus d'enseignement.

Nous posons alors la question suivante :

Quelles conséquences impliquent ces caractéristiques de la géométrie sur son enseignement dans la scolarité obligatoire ?

1.1.2 Présence de ruptures dans l'enseignement de la géométrie

Pour Laborde (1988), l'absence de prise en considération de la double médiation des représentations graphiques se traduit, dans l'enseignement de la géométrie, par la rupture suivante :

Cette séparation entre une géométrie de l'espace liée au sujet et une géométrie théorique se traduit dans les contenus d'enseignement [...] par une rupture entre une géométrie d'observation, mettant en jeu le tracé de figures et l'usage d'instruments destinés aux élèves les plus jeunes et une géométrie de la déduction pour les élèves plus âgés (Laborde, 1988b, p.77).

Houdement et Kuzniak (2006) étudient cette rupture existante entre la géométrie des tracés et la géométrie théorique. L'origine de leur étude repose sur le fait que de nombreux étudiants préparant le concours de professeur des écoles ne se

situaient pas dans la démarche théorique attendue par les correcteurs des écrits du concours. Houdement et Kuzniak (2006) ont alors cherché à caractériser les référentiels épistémologiques pour la géométrie scolaire. Ils expliquent que les cadres théoriques qu'ils ont élaborés ont de commun la volonté de caractériser les paradigmes de la géométrie. Ils utilisent la notion de paradigme en appui sur les travaux de Kuhn (1962). Ils ajoutent que leurs cadres permettent, entre autres, de faire la distinction entre deux manières de résoudre des problèmes relatifs à des constructions géométriques. Houdement (2006) indique en effet, à propos de ces deux premiers paradigmes, qu'ils ont été précisés de manière relativement cohérente « quant aux objets d'étude (matériels versus conceptuels); aux techniques licites (dessins instrumentés versus inférence de conjectures et validation par déduction logique); aux modes de validation (références au réel versus références logiques) » (Houdement, 2006, p. 75). Les deux premiers paradigmes géométriques se résument de la manière suivante :

	Géométrie naturelle I	Géométrie axiomatique naturelle II
Intuition	Sensible, liée à la perception, enrichie par l'expérience	Liée aux figures
Expérience	Liée à l'espace mesurable	Schéma de la réalité
Déduction	Proche du réel et liée à l'expérience par la vue	Démonstration basée sur des axiomes
Type d'espace	Espace intuitif et physique	Espace physico-géométrique
Statut du dessin	Objet d'étude et de validation	Outil pour chercher, conjecturer Outil heuristique, support du raisonnement
Aspect privilégié de la preuve	Évidence, contrôle par instrument Ou Construction effective avec raisonnement	Axiomatisation partielle Propriétés, théorèmes et « îlots de démonstration »
Source de validation	La réalité, le sensible	Fondée sur des lois hypothético-déductives

Tableau 1: Paradigmes des Géométries GI et GII. (Houdement et Kuzniak, 1999, p. 19)

La rupture existante entre la géométrie GI et la géométrie GII peut se percevoir dans ce tableau. Dans la Géométrie GI, qui correspond à la géométrie pratiquée à l'école élémentaire, la figure a un double statut. Elle est à la fois un objet d'étude, d'expérimentation et un point d'appui pour la validation. La source de validation est la réalité, le sensible. Les moyens de preuve reposent sur l'évidence liée à la perception sur une figure ou sur le contrôle des propriétés d'une figure à l'aide des instruments. En revanche, dans la Géométrie GII, qui correspond à la géométrie pratiquée dans le secondaire, la figure peut servir de point d'appui au raisonnement, mais n'est plus support à la validation. L'existence d'une propriété doit être démontrée par la manipulation d'énoncés théoriques comme des théorèmes. Le moyen de preuve mobilisé est la démonstration. La validation est cette fois-ci fondée sur des lois hypothético-déductives. Ainsi, nous pouvons noter

que la rupture existante entre la géométrie GI et GII repose sur les moyens de validation et le double statut de la figure.

Pour autant, Houdement (2007) soulève, toujours à propos des deux premiers paradigmes, la présence d'une certaine théorie commune : « la Géométrie II fournit une technologie (au sens de (Chevallard, 1999)) de certaines techniques de Géométrie I, mais tous les problèmes spatiaux ne tirent pas systématiquement bénéfice de connaissance de Géométrie II » (p.78). Elle ajoute par ailleurs que l'utilisation combinée de la règle et du compas « apparaît comme un « sésame pour approcher la Géométrie II, pourtant dévolue aux objets idéels. La règle et le compas sont théoriquement associables à des questions de constructibilité en Géométrie II. » (Houdement, 2007, p. 79-80).

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons des apports de Laborde (1988) qu'en raison des spécificités de la géométrie, la modélisation des objets de l'espace physique se fait par des représentations graphiques qui peuvent renvoyer à la fois à des objets théoriques et des objets réels. Par conséquent, comme le rappelle Brousseau (2000), il est essentiel, pour élaborer des situations d'apprentissage, de bien étudier les conditions dans lesquelles les connaissances vont se manifester pour résoudre un problème.

Nous notons également la présence de points de ruptures dans l'enseignement de la géométrie sur la scolarité obligatoire. Nous identifions que notre étude, située au début de l'école élémentaire, se place dans la géométrie GI définie par Houdement et Kuzniak (2006). Ainsi, dans le contexte de la reproduction de figures, nous prenons appui sur l'accent mis sur le « double statut de la figure » à l'école élémentaire : à la fois objet d'étude et support de « validation pragmatique ». Les moyens de preuve reposent sur l'évidence liée à la perception sur une figure ou sur le contrôle des propriétés d'une figure à l'aide des instruments. Nous pointons également des apports de Houdement (2007) la présence d'une théorie commune aux deux géométries GI et GII, reposant sur le fait que la règle et le compas soient théoriquement associables à des questions de constructibilité dans GII.

Ainsi, nous retenons pour notre étude plusieurs aspects de cette discussion. Tout d'abord, l'existence d'une certaine théorie commune aux deux géométries GI et GII définies par Houdement et Kuzniak (2006), relativement à la géométrie des tracés à la règle et au compas. Cela nous semble important à considérer pour identifier dans quelles conditions faire émerger les connaissances de cette théorie via la résolution de problèmes comme l'indique Brousseau (2000). Concernant les problèmes de reproduction de figures, nous réutilisons de Houdement et Kuzniak (2006) que la figure, du fait de son double statut : à la fois objet d'étude et support de validation pragmatique, peut avoir un rôle à jouer pour engager les élèves dans

un processus de validation des savoirs et savoir-faire de la théorie commune à GI et GII.

Nous posons alors la question suivante :

Comment appréhender l'enseignement des connaissances communes à ces deux géométries ?

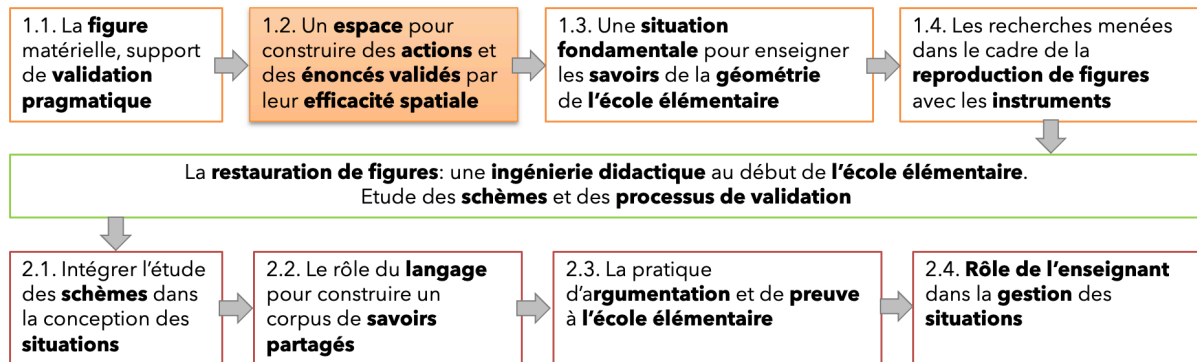


Figure 3: Suivi de notre réflexion théorique (1.2)

1.2 Un espace pour construire des actions et des déclarations validées par leur efficacité spatiale

1.2.1 La modélisation spatio-géométrique

En lien avec les caractéristiques de la géométrie et les ruptures que nous venons d'aborder, Laborde (1988) soulève les difficultés rencontrées par les élèves pour mettre en relation les connaissances à mobiliser pour résoudre un problème dans la géométrie de l'observation avec celles à mobiliser pour conduire une démonstration :

Cette absence de problématisation des savoirs théoriques, cette coupure contingente entre observation et démonstration ont pour conséquence que les objets de la géométrie de l'observation ne sont pas les mêmes pour les élèves que ceux de la démonstration et qu'il est difficile pour eux de réinvestir des connaissances issues de l'observation lorsqu'ils s'engagent dans une phase déductive (Balacheff, 1985) ou inversement d'utiliser leurs connaissances théoriques dans les problèmes de constructions géométriques (Laborde, 1988a, p.348).

Berthelot et Salin (1992) abordent alors la troisième problématique qu'ils ont identifiée à propos de la manière de traiter les problèmes posés dans l'espace sensible. Il s'agit de la problématique de modélisation. Ils expliquent que cette troisième problématique permet d'apporter des points de repères concernant les différentes manières de modéliser un problème. Ils distinguent deux types de modélisation : la modélisation analogique et la modélisation spatio-géométrique. « La première est la modélisation de l'espace sensible par un autre espace :

schéma, croquis, dessins, plans. La seconde est la modélisation de l'espace sensible par des connaissances géométriques.» (Mathé et al. 2020, p.25-26). Berthelot et Salin précisent un point important concernant la modélisation spatio-géométrique : « cette géométrie est un outil de production d'actions et de déclarations validées par leur efficacité spatiale. » (Berthelot et Salin, 2000-2001, p. 12). Laborde (1988) confirme l'importance de mettre en relation l'aspect modélisation de la géométrie avec le registre des figures pour que les représentations graphiques remplissent leur fonction : « les représentations graphiques d'objets matériels de l'espace fournissent une modélisation de ces objets dans la fonction qu'elles possèdent de rendre compte de leurs propriétés géométriques. » (Laborde, 1988a, p.343). Elle ajoute :

Les modifications qu'implique le passage au modèle sont cachées parce que le théorique n'est pas présenté comme le résultat d'une modélisation. Enfin, l'observation dans l'enseignement de la géométrie ne porte pas sur des objets matérialisés mais sur des représentations dont la fonction de modélisation est passée sous silence, ce qui renforce évidemment le caractère naturel du passage de l'observable au théorique (Laborde, 1988a, pp.347-348).

En cohérence avec les travaux de Berthelot et Salin (1992), et les points de vigilance soulevés par Laborde (1988), Perrin-Glorian et Godin (2018) expliquent qu'il est nécessaire de considérer une partie spécifique de l'espace sensible pour enseigner la géométrie des tracés : l'espace graphique des représentations. Nous poursuivons avec l'étude de cet espace.

1.2.2 L'introduction de l'espace graphique des représentations

Mathé et al. mettent en avant qu'un autre rapport à la géométrie peut être développé dans l'enseignement : « celui d'une théorie physique de l'espace qui correspond dans ses grandes lignes au paradigme GI de Houdement et Kuzniak (2006), mais avec des reports de grandeurs sans les mesures » (p.29). Ils nomment la géométrie pratiquée dans cet espace la géométrie physique, ou encore la géométrie des tracés, et la note GT (ibid., pp.30-31). Ils indiquent que le schéma ci-dessous (Figure 4) montre « les relations entre les espaces sensible et géométrique, médiés par l'espace graphique dans un problème de modélisation » :

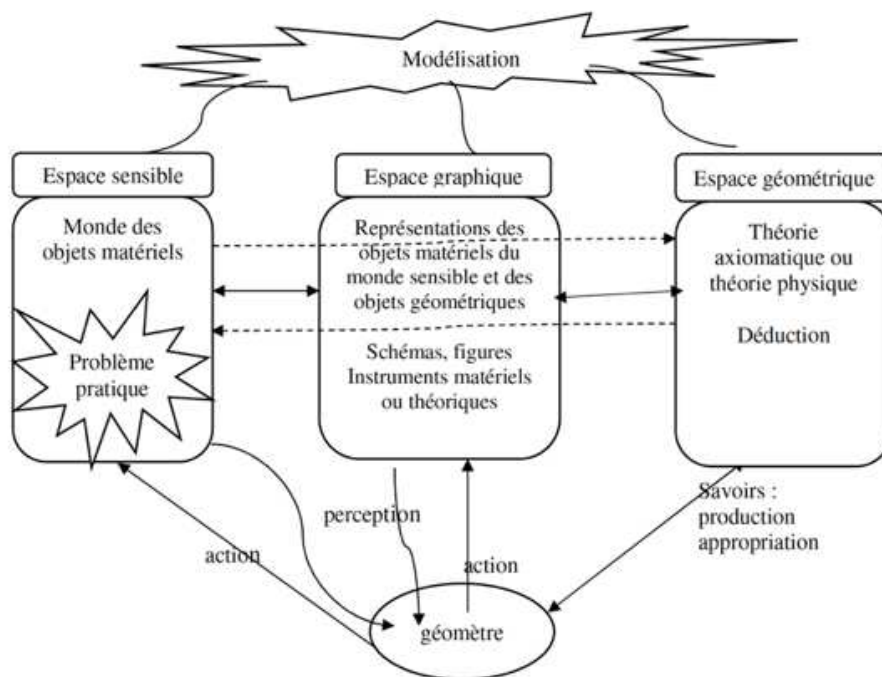


Figure 4: Relation entre espaces sensible, géométrique et graphique dans un problème de modélisation (Mathé et al. 2020, p.32)

L'intention de ces chercheurs, en introduisant l'espace graphique des représentations, est d'étudier le rôle de la figure et de la géométrie des figures dans la recherche d'une cohérence dans l'enseignement de la géométrie sur la scolarité obligatoire :

Mais que peut-on entendre par géométrie des figures et comment l'enseigner si on veut la penser de manière cohérente sur l'ensemble de la scolarité obligatoire ? Beaucoup de recherches en didactique des mathématiques ou dans les IREM ont pointé la rupture dans l'enseignement du début du collège entre la géométrie des tracés matériels (sur papier ou sur écran) avec des instruments et la géométrie théorique des énoncés et démonstrations. Cette rupture tient notamment au mode de validation des énoncés, physique dans un premier cas, c'est-à-dire la perception aidée des instruments, discours logique à partir d'énoncés (axiomes, définitions, théorèmes, hypothèses et énoncés validés précédemment) décrivant des propriétés d'objets théoriques ou de relations entre ces objets dans le second cas (Perrin-Glorian et Godin, 2018, p. 2).

Mathé et al. (2020) précisent qu'ils appellent « figures matérielles » les « dessins qui sont produits en utilisant des instruments de géométrie ou en codant des propriétés et relations géométriques sur une figure à main levée » (p.31). Perrin-Glorian et Godin (2018) indiquent alors que c'est le double statut de la figure qui les a amenés à chercher de quelle manière travailler le rapport aux figures matérielles. Pour eux, travailler le rapport aux figures est un objet propice aux expérimentations pour identifier des éléments de continuité sur l'ensemble de la scolarité obligatoire. Ils soulignent en effet que même s'il y a rupture dans le rapport aux figures entre les deux modes de validation, « il y a continuité au niveau

des énoncés entre GT et GII : les propriétés valides sont les mêmes et les figures matérielles sont les mêmes » (Perrin-Glorian et Godin, 2018, p.14). Ils ajoutent : « les propriétés des figures de la géométrie théorique se traduisent par des propriétés visuelles » dans la Géométrie des tracés GT. (Perrin-Glorian et Godin, 2018, p.16). Les relations entre espaces géométriques et graphiques sont représentées par les schémas ci-dessous (Figure 5)

Cas d'un problème de géométrie théorique : Cas où l'objet d'étude est la figure matérielle :

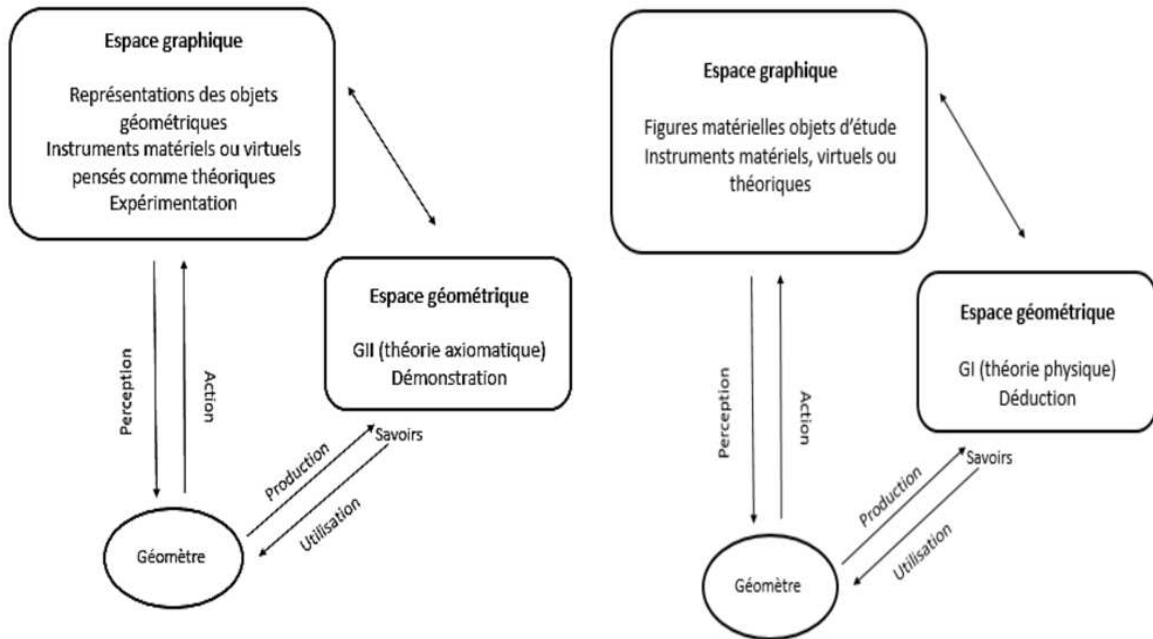


Figure 5: Relations entre espaces géométriques et graphiques (Mathé et al. 2020, p.33)

Perrin-Glorian, Mathé et al. (2020) expliquent alors que, dans le cas d'un problème de géométrie théorique, « l'espace sensible n'intervient que via l'espace graphique. Le géomètre interagit avec l'espace graphique, qui joue le rôle de terrain d'expérimentation, et l'espace géométrique. La théorie de référence est une théorie axiomatique et le mode de validation est la démonstration » (p.32) (Figure 5, schéma de gauche). Dans le cas où l'objet d'étude est la figure matérielle, « à l'école élémentaire ou au début du secondaire, on a un problème graphique : la théorie de référence est une théorie physique. Le mode de validation des raisonnements se fait avec les instruments » (ibid., p.33) (Figure 5, schéma de droite).

Ce que nous retenons de cette discussion :

Pour appréhender l'enseignement des connaissances communes aux géométries GI et GII, nous notons les propos de Laborde (1988) concernant la transparence de la modélisation des objets et l'importance d'éviter de passer sous silence la modélisation géométrique des objets géométriques. Nous retenons alors la « problématique de modélisation spatio-géométrique » proposée par Berthelot et Salin (1992). Le traitement de problèmes dans cette problématique de modélisation est un moyen d'agir pour que les représentations graphiques des objets matériels rendent compte des propriétés géométriques de ces objets. Pour nous, le fait qu'ils affirment que la pratique de cette géométrie est un moyen de construire un « corpus de savoir-faire et de savoirs validés par leur efficacité spatiale » est essentiel à prendre en considération pour nourrir notre questionnement sur la validation.

Afin d'adopter cette problématique de modélisation spatio-géométrique, nous notons la possibilité de situer notre étude dans l'espace graphique des représentations défini par Perrin-Glorian et Godin (2018). Nous retenons en effet leurs arguments concernant l'intérêt d'étudier le rapport aux figures des élèves dans la perspective de rechercher des éléments de continuité entre l'école élémentaire et le secondaire. Ils affirment la présence d'éléments de continuité au niveau des énoncés entre la géométrie des tracés GT et la géométrie théorique GII qui nous intéressent : « les propriétés valides sont les mêmes et les figures matérielles sont les mêmes. »

Nous soulevons alors les questions suivantes :

Quels problèmes proposer à l'école élémentaire pour adopter cette problématique de modélisation spatio-géométrique et construire ce corpus de savoirs et savoir-faire validés par leur efficacité spatiale ?

Comment se développe le rapport aux figures dans l'espace graphique des représentations ? Ce rapport aux figures est-il cohérent sur l'ensemble de la scolarité obligatoire ?

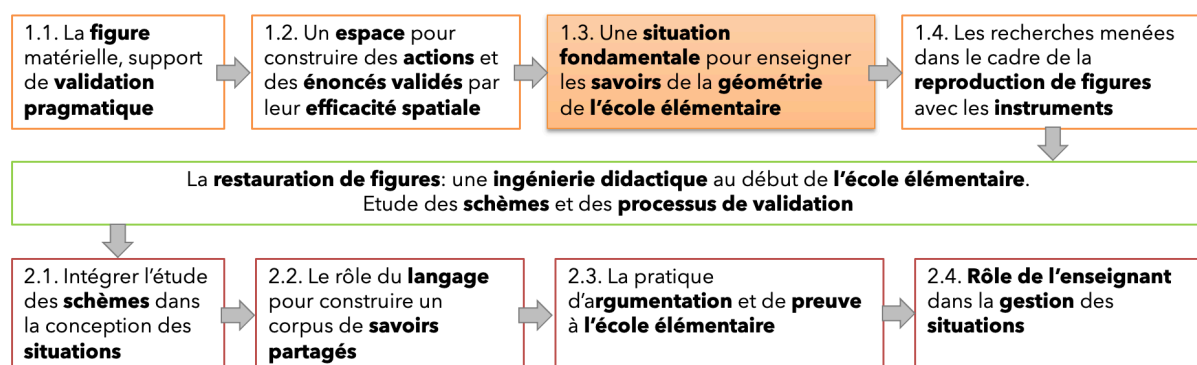


Figure 6: Suivi de notre réflexion théorique (1.3)

1.3 Une situation fondamentale pour enseigner les savoirs de la géométrie à l'école élémentaire

Nous présentons ici une discussion sur les problèmes de restauration de figures et les enjeux de continuité qui sous-tendent la proposition de ce type de problème. Nous allons mettre en évidence un des buts poursuivis par les chercheurs à l'origine de cette approche : fonder la construction des schèmes d'utilisation des instruments sur un système d'invariants opératoires compatible avec la géométrie théorique.

1.3.1 La restauration de figures

Les problèmes de restauration de figures

Mathé et al. (2020) avancent l'idée « (...) qu'il est possible de prendre appui sur la reproduction instrumentée de figures pour avancer vers la conceptualisation des objets de la géométrie théorique, dans un développement mutuel des techniques de construction avec les instruments et des concepts géométriques » (p.56). Ils considèrent « (...) la reproduction de figures comme une situation fondamentale pour la géométrie des tracés » (ibid., p.78). Perrin-Glorian et Godin (2014) expliquent avoir défini les situations de restauration de figures en appui sur la Théorie des Situations Didactiques (TSD) de Brousseau (1998) :

Une restauration de figure est une reproduction de figure matérielle mais avec des contraintes particulières :

Une figure modèle est donnée (en vraie grandeur ou non),

Une partie de la figure à obtenir (amorce) est donnée soit par son tracé, soit par un instrument qui permet de reporter des informations de type « surface (D2) » de la figure initiale, mais sans donner toute l'information comme le ferait un calque.

On dispose d'instruments variés qui ont un coût d'utilisation donné par un barème ; les propriétés des figures sont vérifiables et réalisables avec les instruments à disposition.

Le jeu consiste à restaurer la figure (compléter l'amorce pour retrouver la figure initiale) au moindre coût (on dépense le moins de points possible)

Quand les élèves pensent avoir terminé, la validation se fait par superposition de la figure restaurée, disponible sur un transparent, sur la figure réalisée par l'élève. (Perrin-Glorian et Godin, 2014, p. 35).

Ce type de problème a été conçu dans deux buts : travailler la mobilité du regard sur les figures et l'usage géométrique des instruments :

La restauration de figure avec coût sur les instruments est un type de situation que nous avons mis au point et étudié dans le but de travailler la mobilité du regard sur les figures (en particulier le passage de la vision surfaces à la vision lignes et points) ainsi que l'usage géométrique des instruments matériels, c'est-à-dire un usage conforme à celui d'instruments théoriques

permettant d'expliciter des propriétés géométriques et pas seulement graphiques. (Perrin-Glorian et Godin, 2018, p.24)

Perrin-Glorian et al. (2020) ajoutent un élément important à propos de l'enseignement des savoirs géométriques par la résolution de problèmes à l'école élémentaire :

Les problèmes de restauration de figures sont susceptibles « de servir de base à l'enseignement de l'essentiel des savoirs de la géométrie élémentaire. La reproduction instrumentée suppose en effet de dépasser la perception spontanée des figures et de s'engager dans des manipulations porteuses de conceptualisation géométrique (ibid., p.79).

Nous notons ici la possibilité d'enseigner l'essentiel des savoirs de la géométrie élémentaire par la résolution de problèmes de restauration de figures. Nous cherchons alors à comprendre en quoi consiste cette mobilité de regard sur les figures.

La visualisation géométrique

Dans des situations de restauration de figures, l'élève doit appréhender la figure à reproduire, c'est-à-dire analyser les différents objets géométriques la constituant. Cette appréhension ne va pas de soi. Pour Duval, cela nécessite le développement cognitif d'un certain regard géométrique à porter sur les figures, qu'il nomme « visualisation géométrique » (Duval, 2005). Perrin-Glorian et Godin (2014), dans la continuité des travaux de Duval, ont ainsi proposé d'accompagner le changement de regard sur les figures grâce à des problèmes de restauration dans lesquels la mobilité du regard sur les figures est sollicitée pour réussir la restauration de la figure.

Perrin-Glorian et Godin (2014) expliquent de quelle manière les problèmes de restauration sont un moyen d'agir sur le développement de la visualisation géométrique à l'aide du problème de restauration ci-dessous (Figure 7).

Problème de restauration proposé :

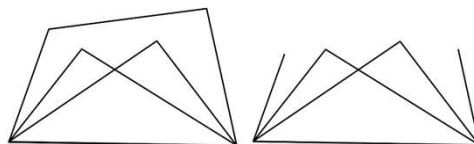
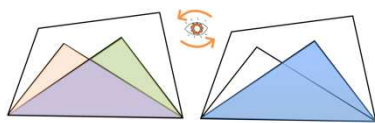


Figure 7: Figure modèle et amorce de la figure (Perrin-Glorian et Godin, 2014, p.30)

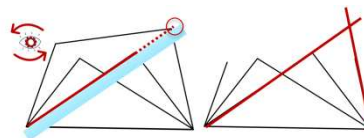
Ils montrent que, dans ce problème, l'identification de la relation pertinente à prélever afin de réussir la restauration de la figure modèle nécessite de changer plusieurs fois de regard sur la figure. L'élève doit notamment mobiliser les manières heuristique et mathématique de voir une figure. Duval (2015) explique que la manière heuristique de voir une figure consiste à identifier des juxtapositions et des superpositions d'unités figurales 2D (vision surfaces), (Figure

8, illustration de gauche). La manière heuristique de voir une figure est « la condition cognitive préalable pour reconnaître sur la figure quelle(s) propriété(s) géométrique(s) utiliser pour résoudre le problème posé » (Duval, 2015, p. 155). Il explique également que la manière mathématique de voir une figure consiste, quant à elle, à repérer des relations entre les unités figurales 1D et 0D d'une figure (visions lignes et points) (Figure 8, illustration de droite). La manière mathématique de voir une figure est une condition nécessaire à la compréhension et à l'utilisation des propriétés géométriques pour résoudre un problème (Duval, 2005).

*Voir des juxtapositions et des superpositions
d'unités figurales 2D (vision surfaces) :*



*Voir des relations entre les unités figurales 1D
et 0D d'une figure (visions lignes et points) :*



*Figure 8: Illustrations de la « manière heuristique » et de la « manière mathématique » de voir une figure
(Problème de restauration extrait de Perrin-Glorian et Godin, 2014)*

Ainsi, dans cet exemple de problème (Figures 7 et 8), avec la règle comme seul instrument, la réussite de la restauration de la figure repose sur l'identification d'une relation d'alignement d'un segment avec un point, ce qui nécessite la mobilisation des visions lignes et points.

Perrin-Glorian et Godin (2018) soulignent alors que « la restauration de figures vise à encourager l'identification de lignes et de points qui permettent de définir géométriquement la figure et la construire » (p.25). Ils expliquent que le choix des variables didactiques est fait de manière à mobiliser les notions géométriques que l'on souhaite travailler, tout en les articulant avec l'usage des instruments.

Mathé et al. (2020) explicitent alors que le premier lien de continuité entre l'école élémentaire et le secondaire créé par la proposition de problèmes de restauration de figures repose sur le développement de la visualisation géométrique. En effet, cette dernière est nécessaire pour conduire une démonstration dans la géométrie théorique :

La démonstration demande d'identifier les éléments constitutifs de la figure en termes de lignes (segments, droites, cercles) de dimension 1, de points (dimension 0) et de relations entre ces éléments, car c'est sur ces éléments que portent en général les énoncés mathématiques, c'est-à-dire d'effectuer une déconstruction dimensionnelle de cette figure (Mathé et al, 2020, p.35).

Mathé et al. (2020) indiquent alors faire l'hypothèse qu'il est possible d'apprendre « (...) à développer sur les figures de la géométrie physique un regard compatible avec celui qui est nécessaire pour les figures de la géométrie théorique » (pp.40-41). Pour cela, ils mettent en avant la possibilité d'aider les élèves à conceptualiser les objets « (...) de la géométrie théorique à partir d'un usage raisonné des

instruments de géométrie pour reproduire ou construire des figures de la géométrie physique de façon à créer un lien entre les concepts géométriques et cet usage raisonné des instruments » (ibid., p.42). Ils disent que, depuis les années 2000, de nombreuses recherches ont porté sur la proposition de situations de restaurations de figures en lien avec l'usage de différents instruments (e.g. Barrier et Mathé., 2014; Celi et Bulf, 2016; Perrin-Glorian et al. 2013; Perrin-Glorian et Godin, 2014)

Nous soulevons alors les questions suivantes :

Comment conceptualiser les objets de la géométrie théorique à partir d'un « usage raisonné des instruments » ? Comment développer cet « usage géométrique des instruments » par la proposition de « problème de restauration de figures » pour fonder le « corpus de savoirs et savoir-faire de « l'espace graphique des représentations » ?

1.3.2 Une théorie dont le contenu fonde les schèmes d'usage géométrique des instruments

L'usage géométrique des instruments

Mathé et al. (2020) rappellent tout d'abord leur choix quant aux instruments mis à disposition dans les problèmes de restauration de figures en indiquant que ce choix est caractéristique de l'approche développée :

Nous nous focalisons sur les enjeux de la géométrie plane et nous l'abordons sans recours à la mesure. Il nous semble en effet que le recours précoce aux nombres est susceptible de détourner les élèves des enjeux spécifiques de la géométrie et des grandeurs (Mathé et al., 2020, p.9).

Ce choix est argumenté par le fait qu'un « usage géométrique des instruments » est susceptible de favoriser la transition vers la géométrie théorique :

Nous faisons l'hypothèse que l'utilisation des instruments dans la géométrie physique peut jouer un rôle de transition dans la géométrie théorique, à condition que ceux-ci soient prioritairement utilisés pour vérifier ou reproduire des propriétés qu'ils portent pour produire des figures justes plutôt que des figures précises. C'est ce que nous appelons un usage géométrique des instruments parce qu'il respecte des règles qui réfèrent implicitement à des axiomes, des définitions ou des théorèmes de géométrie (Mathé et al., 2020, p.55).

Perrin-Glorian et Godin (2018) ajoutent : « la théorie sous-jacente qui nous intéresse concerne les figures que l'on peut construire à la règle et au compas » (p.6). Leur intérêt pour la géométrie des tracés à la règle et au compas n'est pas sans rappeler les propos que nous avons retenus de Houdement (2007)

concernant la présence d'une certaine théorie commune à GI et GII, justement relative aux constructions théoriques associées à l'usage de la règle et du compas.

Prendre en considération le contenu des invariants opératoires qui fondent le développement des schèmes d'usage des instruments

Mathé et al. (2020) avancent ensuite « (...) l'idée selon laquelle l'usage géométrique des instruments [peut] constituer un levier pour la conceptualisation des objets de la géométrie théorique » (p.72). Pour appuyer cette idée, ils utilisent la définition d'un concept donnée par Vergnaud (1991). Un concept « C » est un triplet de trois ensembles « S, I, φ ». L'ensemble « S » est l'ensemble des situations donnant du sens au concept. L'ensemble « φ » est « (...) l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant) » (Vergnaud, 1991, p. 145). Enfin, l'ensemble « I » est « (...) l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié) » (ibid., p.145). Un schème étant défini comme « l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée » (ibid., p.136).

Mathé et al. (2020) adoptent alors le point de vue de Vergnaud (1991) selon lequel les invariants opératoires fondent le développement des schèmes :

Concepts et théorèmes explicites ne forment que la partie visible de l'iceberg de la conceptualisation. Sans la partie cachée formée par les invariants opératoires, cette partie visible ne serait rien. Réciproquement, on ne sait parler des invariants opératoires intégrés dans les schèmes qu'à l'aide des catégories de la connaissance explicite : proposition, fonction propositionnelle, objets-arguments (Vergnaud, 1991, p.145).

Les notions d'invariants opératoires et de schèmes permettent de « (...) faire le pont entre les objets graphiques et matériels sur lesquels reposent les pratiques instrumentées ... et les objets théoriques et discursifs, définis implicitement par un système d'axiomes, de la géométrie théorique » (Mathé et al., 2020, p.68). Ils pointent alors que la recherche d'éléments de continuité entre l'enseignement de la géométrie des tracés et de la géométrie théorique repose également sur l'idée que :

L'utilisation des instruments en géométrie des tracés est susceptible, par le recours à des situations d'enseignement bien choisies ... de conduire les élèves à construire des schèmes d'utilisation des instruments reposant sur un système d'invariants opératoires compatible avec la structuration logique de la géométrie théorique, via des situations bien choisies (Mathé et al., 2020, p.70).

Perrin-Glorian et Godin (2018) ajoutent, en outre, à propos d'une construction d'une théorie physique en lien avec la théorie axiomatique (d'Euclide) :

Dans cette géométrie, les problèmes et les moyens de validation relèvent de l'espace sensible. Le raisonnement se fait à partir de ce corps de savoirs tenus pour vrai. Cependant, il ne s'agit pas d'accepter tout ce qu'on constate avec les instruments mais de constituer un corps de savoirs valides appuyé sur l'expérience et la vérification contrôlée des instruments (Perrin-Glorian et Godin, 2018, p.6).

Nous identifions ici un lien avec les apports de Berthelot et Salin (2000-2001) et la géométrie GI définie par Houdement et Kuzniak (2006) : il est possible de construire un corps de savoirs valides appuyé sur l'expérience et la vérification contrôlée des instruments. Nous identifions également que le pont à créer entre la géométrie des tracés et la géométrie théorique peut être construit à l'aide du contenu des invariants opératoires contenus dans les schèmes d'utilisation des instruments.

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons la possibilité d'adopter l'approche de la « restauration de figures » proposée par Perrin-Glorian et Godin (2014). Proposer ce type de problème à l'école élémentaire nous permet en effet d'envisager l'apprentissage de la « géométrie des tracés » dans une « problématique de modélisation spatio-géométrique » et de construire un « corpus de savoirs et savoir-faire validés par leur efficacité spatiale ». En effet, la proposition de Perrin-Glorian et Godin (2014) entre en résonance avec celle de Berthelot et Salin (2000-2001) : chercher à constituer un corps de savoirs valides, appuyé sur l'expérience et la vérification contrôlée des instruments.

Nous avons tout d'abord noté que leur premier but qui sous-tend la proposition de « problèmes de restauration de figures » repose sur l'importance de développer la « visualisation géométrique » sur les figures définie par Duval (2005, 2015). Les problèmes de restauration de figures sont tout d'abord un moyen de travailler un rapport aux figures cohérent sur l'ensemble de la scolarité obligatoire. Nous avons ensuite noté que le deuxième but de ces chercheurs repose sur l'importance de développer un « usage raisonné des instruments ». Nous retenons des apports de Mathé et al. (2020) que le deuxième lien de continuité entre la « géométrie des tracés » de l'école élémentaire et la géométrie théorique du secondaire créé par la proposition de problèmes de « restauration de figures », repose sur l'idée de conceptualiser les objets de la géométrie théorique à partir d'un usage raisonné des instruments. Nous retenons donc l'intérêt d'étudier les « schèmes d'utilisation des instruments » dans le contexte de la « restauration de figures ». Pour cela, nous retenons notamment l'importance d'étudier le contenu des invariants opératoires, c'est-à-dire l'ensemble des savoirs et savoir-faire sur lesquels reposent l'opérationnalité des schèmes. Cette étude peut nous permettre d'identifier comment développer « l'usage géométrique des instruments » par la proposition de « problème de restauration de figures » et ainsi fonder un « corpus de savoirs et savoir-faire valide » de la « géométrie des tracés ».

Dans le but de prendre appui sur d'éventuelles recherches portant sur les schèmes des élèves dans le contexte de la restauration de figures, **nous posons la question suivante** :

Quels travaux ont été déjà menés autour de la proposition de situations de restauration de figures au début de l'école élémentaire ?

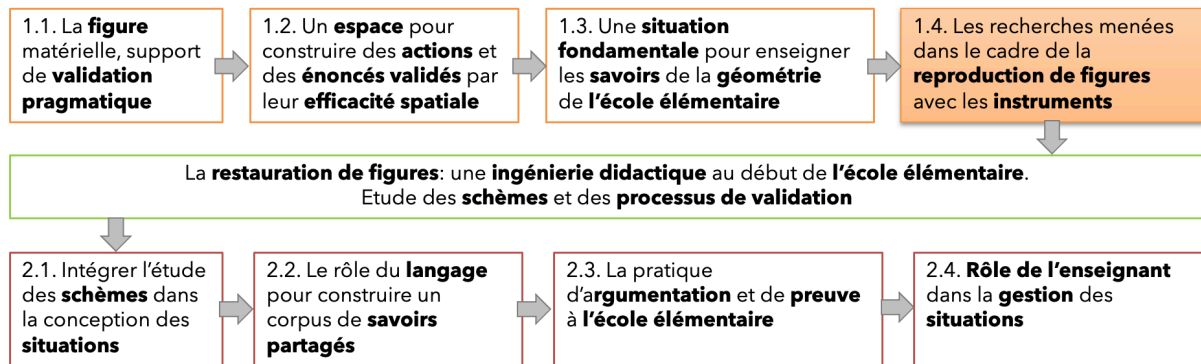


Figure 9: Suivi de notre réflexion théorique - (1.4)

1.4 Travaux menés autour de la proposition de situations de restauration de figures au début de l'école élémentaire

Nous présentons ici une discussion sur les recherches menées concernant les situations de restauration de figures proposées aux élèves, suivie d'une discussion sur celles relatives au rôle du langage dans le contexte de la reproduction de figures. Notre intention est d'identifier les autres appuis théoriques à considérer dans notre travail avant d'envisager la perspective d'élaborer des situations de restauration de figures au niveau du cycle 2 (élèves de 6-8 ans).

1.4.1 Deux types de contributions concernant les situations proposées aux élèves

Perrin-Glorian et Godin (2018) indiquent que le travail d'un groupe de recherche, dit le groupe de Lille, a produit différentes situations de restauration autour du rôle des instruments, le développement du regard géométrique sur les figures et des savoirs géométriques. Les travaux de ce groupe ont « donné lieu à plusieurs publications (Duval, 2005; Duval et Godin, 2005; Keskessa, Perrin-Glorian et al., 2007; Mathé et al., 2013; Perrin-Glorian et Godin, 2014; Perrin-Glorian, Offre et al., 2006) et se poursuit sous d'autres formes » (Perrin-Glorian et Godin, 2018, p.3).

L'étude de ces travaux montre qu'ils se situent majoritairement au cycle 3 (9-11 ans) et au début du cycle 4 (12-15 ans).

Mathé, Maillot et al. (2021) contribuent, de leur côté, au développement de « recherches autour du rôle du langage dans les apprentissages géométriques à l'école (Bulf, Mathé et Mithalal, 2014, 2015 ; Barrier et Mathé, 2014 ; Mathé et Mithalal, 2019) » (Mathé, Maillot et al. 2021, p. 28). L'étude des travaux cités permet d'identifier des exemples de situations proposées au cycle 2 (6-8 ans).

Mathé, Maillot et al. (2021) indiquent « interroger la manière dont on pourrait penser un travail progressif d'acculturation des élèves à un langage spécifique, lieu de conceptualisation et de traitement des objets de la géométrie » (p.28). Ils ajoutent que « (...) cet enjeu [leur] paraît d'autant plus important [qu'ils y voient] la source d'un continuum possible entre géométrie instrumentée de l'école et géométrie théorique du collège » (ibid., p.28). Ils soulignent que d'une part : « enseigner la géométrie suppose d'engager un travail langagier permettant aux élèves d'aller à la rencontre des objets et relations géométriques en jeu dans l'usage géométrique des instruments ». (ibid., p.32). D'autre part : « enseigner la géométrie vise aussi la construction d'un langage spécifique permettant de porter l'analyse de la figure géométrique de figures, de décrire et de caractériser des objets et des relations géométriques » (ibid., p.32). Mathé, Maillot et al. (2021) expliquent alors que ces réflexions les ont amenés à réintégrer actuellement les situations de reproduction et restauration de figures dans le cadre de la dialectique de l'action, formulation et validation de la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998).

Nous relevons ici que le langage, tout comme les instruments et la visualisation géométrique, contribue à créer un continuum entre la géométrie instrumentée de l'école et la géométrie théorique du collège. Nous poursuivons donc avec les recherches qui intègrent l'étude du langage dans l'apprentissage de la géométrie.

1.4.2 Le rôle du langage dans l'apprentissage de la géométrie

Langage et visualisation

Duval (2005) confirme l'importance de prendre en considération le rôle du langage dans les apprentissages géométriques :

La visualisation et la production d'énoncés en géométrie requièrent des fonctionnements cognitifs qui sont différents et plus complexes que ceux mis en œuvre en dehors de la géométrie. C'est pourquoi leur développement et leur coordination doivent être considérés comme des objectifs d'enseignement aussi essentiels que les contenus mathématiques eux-mêmes. Car ici la compréhension des contenus ne peut se construire qu'à partir d'une synergie entre visualisation et langage (Duval, 2005, p.8).

Il ajoute :

Les problèmes spécifiques que pose l'apprentissage de la géométrie ne tiennent donc pas seulement à la complexité de la visualisation ... et à la déconstruction dimensionnelle des formes qui la sous-tend, ils tiennent aussi à la manière dont un discours géométrique peut s'articuler avec cette visualisation (Duval, 2005, p.28).

Duval (2005) explique en effet que « pour une même représentation visuelle, on peut avoir plusieurs énoncés différents et donc des "figures géométriques" qui sont différentes du point de vue mathématique » (p.28). Par exemple, un trait peut être interprété à la fois comme un segment, une droite, ou un côté de polygone. Mathé et al. (2020) soulignent que « la double désignation (ou la multiple désignation) est pour Duval (1995) une dimension fondamentale de la problématique langagière en géométrie, dimension rarement travaillée pour elle-même » (p.73).

Nous relevons ici que la spécificité de l'apprentissage du langage en géométrie, en lien avec la visualisation géométrique, repose sur la présence de double voire de multiples désignations sur un même objet.

Langage et instruments

Mathé et Mithalal (2019) se confrontent alors à la « question de l'interdépendance entre confrontation individuelle à des problèmes de géométrie et construction collective et sociale d'un agir-parler-penser partagé » (Mathé et Mithalal, 2019, p. 20). Ils proposent dans leurs travaux des outils d'analyse de l'activité de l'élève pour prendre en considération la visualisation sur les figures, les pratiques instrumentées et les pratiques langagières.

Petitfour et Barrier (2019), quant à eux, ont mené une recherche qui met en avant le potentiel d'une modalité de communication en dyade pour favoriser le développement d'un langage technique géométrique, c'est-à-dire un langage « relatif à la manipulation d'instruments en lien avec des propriétés géométriques » (Petitfour et Barrier, 2019, p. 13). Cette modalité de communication en dyade permet à l'élève instructeur « de bénéficier de façon immédiate de rétroactions données par les actions du constructeur » (ibid., p.17). Pour renforcer cette opportunité, ils ont identifié une règle pour le constructeur : « celle qui consiste à faire le moins probable tout en respectant l'instruction » (ibid., p.17).

Mathé et al. (2020) confirment alors la nécessité d'envisager d'autres types de situations pour développer des pratiques réflexives sur l'usage des instruments :

Dans les situations d'action, certaines connaissances géométriques dépassent ce statut opératoire des connaissances. Le seul but de reproduire matériellement une figure modèle ne rend par exemple pas nécessaire de formuler les objets et relations géométriques qui pourraient être au fondement des stratégies d'action, de construire un langage portant une

analyse géométrique des figures ou encore de faire émerger une caractérisation de ces objets, en lien avec un usage géométrique des instruments. Un travail spécifique visant plus pleinement les enjeux d'apprentissage langagiers reste à penser. Il nous faut ainsi envisager d'autres types de situations à usage didactique, en pensant les conditions de nécessité d'un retour réflexif et discursif sur ces pratiques instrumentales (Mathé et al., 2020, pp.81-82).

Mathé et al. (2020) soulignent qu'il s'agit « de travailler avec les élèves la construction d'explications, l'identification de raisons pour lesquelles la stratégie utilisée et formulée permet effectivement, à coup sûr, la reproduction de la figure » (p.84) par la proposition de situations de validation dans le contexte de la restauration de figure. Ils avancent également l'hypothèse que le langage technique géométrique, proposé par Petitfour (2015), « plus proche des actions instrumentées que ne l'est le langage géométrique, pourrait faciliter la transition vers les pratiques discursives du langage géométrique » (Mathé et al., 2020, p.73). Mathé et al. (2020) proposent quelques exemples de situations de formulation (p.126 ; pp.131-132 ; p.138-139) et de situations de validation (p.141-142) dans le contexte de la restauration de figures.

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons des apports de Duval (2005), Mathé et Mithalal (2019), Mathé, Maillot et al. (2021), l'importance à accorder au langage dans le contexte de la reproduction de figures, et de prêter attention aux multiples désignations existantes pour un même objet. Nous pointons la proposition de Mathé et al. (2020, p.84) à propos de l'objectif à viser dans les situations de validation : envisager de « travailler avec les élèves sur la construction d'explications, sur l'identification de raisons pour lesquelles la formulation d'une action instrumentée permet, à coup sûr, la reproduction de la figure ». Nous retenons également de ces chercheurs que l'usage du « langage technique géométrique » défini par Petitfour (Petitfour, 2015) est susceptible de faciliter la transition vers les pratiques discursives du langage géométrique. Nous soulignons donc la possibilité d'adopter la modalité de communication en dyade au regard des potentialités de rétroactions qu'elle permet. Cela nous semble avoir un intérêt certain pour engager les élèves dans un processus de validation.

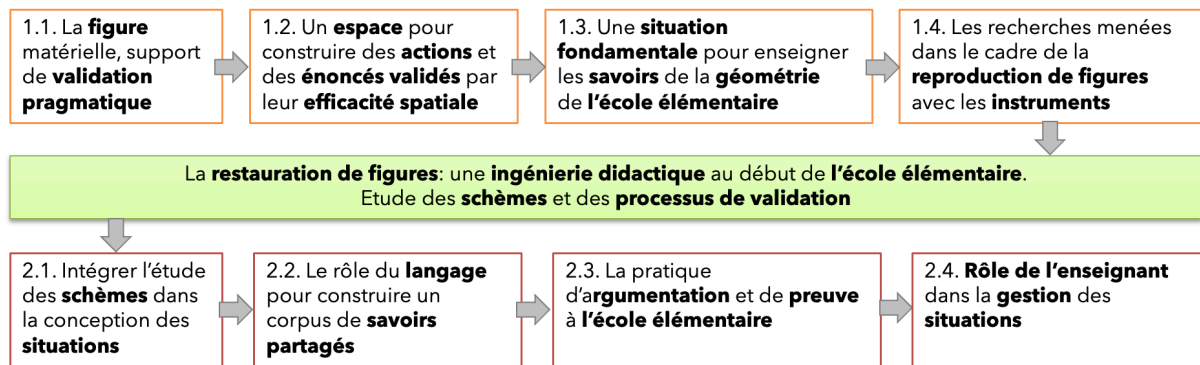


Figure 10: Suivi de notre réflexion théorique, émergence de notre sujet de thèse

1.5 Conclusion et première problématisation

Ce chapitre avait pour objet de soulever les différentes problématiques associées à l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie plane à l'école élémentaire dans le but d'apporter des éléments de réponse à notre question initiale :

Q initiale : Comment amener les élèves du cycle 2 (élèves de 6-8 ans) à s'interroger et à discuter sur la validité des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure ?

Nous retenons des apports de Berthelot et Salin (1992, 2000-2001), Perrin-Glorian et Godin (2018), Mathé et al. (2020), la possibilité de placer notre étude dans « l'espace graphique des représentations ». Tout comme ces chercheurs, nous nous intéressons à la théorie de l'espace physique qui correspond dans ses grandes lignes au paradigme GI défini par Houdement et Kuzniak (2006), mais avec des reports de grandeurs sans les mesures. Nous soulignons que cet espace, situé à l'interface entre l'espace physique et l'espace théorique, peut permettre de construire un pont entre la « géométrie des tracés » de l'école élémentaire et la géométrie théorique du secondaire. Dans cet espace, nous réutilisons le fait d'envisager l'apprentissage de la « géométrie des tracés » dans une « problématique de modélisation spatio-géométrique » au sens de Berthelot et Salin (1992). Nous pointons la possibilité de construire un « corpus de savoirs et savoir-faire validés par leur efficacité spatiale » (Berthelot et Salin, 2000-2001). Nous adoptons donc pour notre travail la proposition de Perrin-Glorian et Godin (2018) concernant la « construction du corpus de savoirs et savoir-faire validés par l'expérience et la vérification contrôlée des instruments » de la « géométrie des tracés », afin d'amener les élèves à s'interroger sur la validité des actions instrumentées.

Pour cela, nous retenons des apports de Perrin-Glorian et Godin (2018) la possibilité d'utiliser un type de problème spécifique : les « problèmes de restauration de figures ». Ce type de problème est un moyen de développer à

l'école élémentaire un rapport aux figures cohérent avec celui attendu dans le secondaire. Nous envisageons donc la possibilité d'élaborer des « problèmes de restauration » de figures au niveau du cycle 2 (élèves de 6-8 ans). Nous adoptons également l'idée de Mathé et al. (2020) de chercher à élaborer des problèmes de restauration de figures qui permettent aux élèves de construire des « schèmes d'utilisation des instruments » reposant sur un système d'invariants opératoires compatible avec la structuration logique de la géométrie théorique. Nous situons donc notre étude dans le cadre de la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) et dans celui de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1991).

Nous retenons également des travaux de Duval (2005), Mathé et Mithalal (2019), Mathé, Maillot et al. (2021), l'importance de prendre en considération le rôle du langage dans la conceptualisation en géométrie. Tout comme Mathé, Maillot et al. (2021), nous mettons en perspective la possibilité d'élaborer également une « dialectique de situation d'action, de formulation et de validation », au sens de Brousseau (1998), dans le contexte de la « restauration de figures ».

Nous retenons de Mathé et al. (2020) que l'usage du « langage technique géométrique » défini par Petitfour (2015) est susceptible de faciliter la transition vers les pratiques discursives du langage géométrique. Nous chercherons à favoriser l'usage de ce langage grâce à la modalité de communication en dyade (Petitfour, 2015) dans la proposition de nos situations. Les outils d'analyse du langage, proposés par Petitfour (2015), pourront en outre nous être utiles pour analyser le langage mobilisé par les élèves et par l'enseignant.

Nous retenons enfin de Mathé et al. (2020) la possibilité de « travailler avec les élèves sur la construction d'explications, sur l'identification de raisons pour lesquelles la formulation d'une action instrumentée permet, à coup sûr, la reproduction de la figure » (p.84). Cela nous semble important pour donner aux élèves les moyens de s'interroger et de discuter sur la validité des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure.

Cependant, nous nous interrogeons sur le développement des « schèmes d'utilisation des instruments » au début de l'école élémentaire. Le développement des schèmes, tout comme la conceptualisation et la visualisation géométrique, se développent sur un temps long. Pour autant, nous n'avons pas identifié de travaux de recherche concernant une étude spécifique des schèmes des élèves dans le contexte de la restauration de figures. Nous n'avons pas identifié non plus de travaux illustrant comment construire le corpus de savoirs et savoir-faire validés par leur efficacité spatiale de la géométrie des tracés. L'importance accordée par Mathé et al. (2020) aux schèmes d'usage des instruments et au système d'invariants opératoires sur lesquelles ils se fondent, nous conduit à formuler deux premières questions de recherche :

QR1a : Quels schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) pour restaurer une figure ?

QR1b : Ces schèmes permettent-il aux élèves de s'interroger et de discuter sur la validité des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure ?

Pour répondre à cette problématique, nous envisageons de concevoir une ingénierie de situations susceptibles d'agir conjointement sur le développement de la conceptualisation géométrique et l'usage géométrique des instruments, c'est-à-dire les schèmes d'utilisation des instruments.

Le sujet de notre thèse est le suivant :

La restauration de figures : une ingénierie didactique au début de l'école élémentaire. Étude des schèmes et des processus de validation.

Pour identifier la méthodologie à adopter pour concevoir cette ingénierie, nous avons besoin de répondre préalablement à certaines questions :

Q2.1 : Comment intégrer l'étude de la formation des schèmes dans la conception de situations à usage didactique ?

Q2-2 : Comment amener les élèves à produire les énoncés associés aux actions avant d'en valider leur efficacité spatiale ?

Q2.3 : Comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

Q2-4 : Comment envisager la mise en œuvre par l'enseignant de situations appelant une pratique d'argumentation et de preuve ? Qu'en est-il du contexte institutionnel à propos d'une pratique d'argumentation au début de l'école élémentaire ?

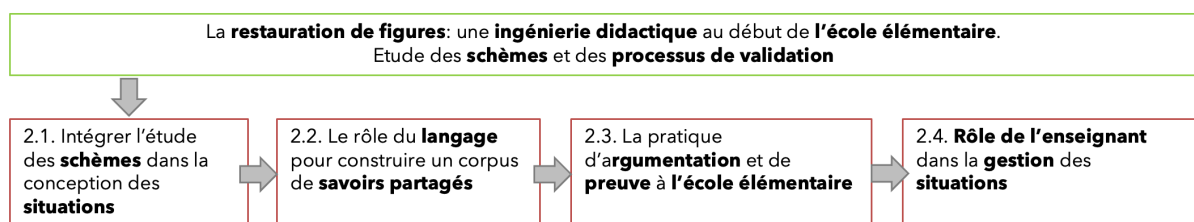


Figure 11: Suite de notre réflexion théorique

Le chapitre 2 aura donc pour objectif de répondre à ces questions. Notre intention est de mettre progressivement en perspective la mise en relation de connaître et prouver dans un processus d'apprentissage pour initier les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve dans le but de valider un corpus de savoirs et savoir-faire valides de la géométrie des tracés. Nous montrerons alors l'intérêt de

faire reposer la validation sur les conditions des règles d'action associées aux schèmes d'usage des instruments.

La dernière section de ce chapitre a pour but de soulever, dans les recherches relatives aux pratiques enseignantes, les difficultés de gestion du processus d'institutionnalisation, ainsi que les difficultés de gestion relatives à une pratique d'argumentation et de débats à l'école élémentaire.

Ces appuis théoriques vont nous permettre de préciser et de compléter nos premières questions de recherche, ainsi que de formuler une question de recherche concernant le rôle de l'enseignant. Ils vont également nous permettre d'identifier les outils théoriques à mobiliser dans notre méthodologie.

Chapitre 2 : Élaborer une ingénierie de situations pour étudier les schèmes et les processus de validation au début de l'école élémentaire

Ce chapitre a pour but de discuter des outils théoriques à prendre en considération dans l'élaboration et la mise en œuvre d'une ingénierie de situations de restauration de figures. Nous cherchons à engager les élèves dans un processus d'argumentation et de preuve pour construire un corpus de savoirs et savoir-faire valide, de manière à favoriser le développement de la conceptualisation géométrique et de l'usage géométrique des instruments, c'est-à-dire les schèmes d'utilisation des instruments.

Nous reprenons le suivi de notre schéma pour faciliter le suivi de notre questionnement dans l'étude de la littérature.

La première question que nous posons est la suivante :

Q2.1 : Comment intégrer l'étude de la formation des schèmes dans la conception de situations à usage didactique ?

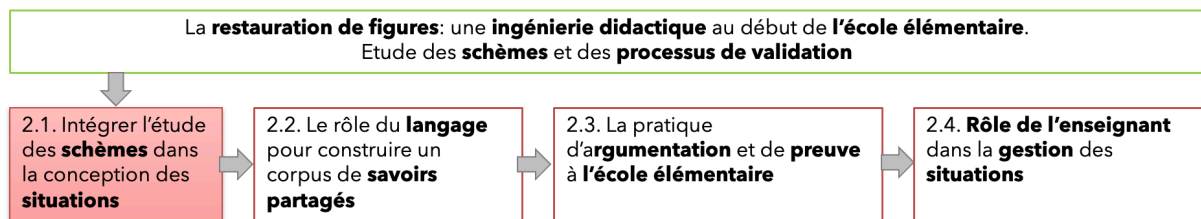


Figure 12: Suite de notre réflexion théorique (2.1)

2.1 Intégrer l'étude des schèmes dans la conception de situations d'apprentissage

Nous proposons ici une discussion sur les outils à mobiliser pour concevoir des situations d'apprentissage, dans l'objectif d'y intégrer l'étude de la formation des schèmes.

2.1.1 Les notions de situation fondamentale et de champ conceptuel

Nous rappelons que Mathé et al. (2020) indiquent « (...) considérer la reproduction de figures comme une situation fondamentale pour la géométrie des tracés » (p.78). Perrin-Glorian et Godin (2014) ont ainsi pris appui sur le cadre de la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) pour définir les situations de restauration de figures.

Mathé et al. (2020) ajoutent à propos des problèmes de restauration que leur résolution se caractérise par la réussite de l'action. Ils expliquent : « au niveau instrumental, il s'agit d'utiliser les instruments en relation avec les propriétés et relations dont ils sont porteurs, c'est-à-dire en relation avec des schèmes d'usage géométrique et les invariants opératoires sur lesquels ils reposent » (p.81). Ils rappellent, concernant les invariants opératoires, qu'ils font l'hypothèse que ces derniers sont non seulement « constitutifs de la géométrie des tracés mais sont également susceptibles de jouer un rôle essentiel pour faciliter la transition depuis la géométrie des tracés vers la géométrie théorique qui deviendra la géométrie de référence dans l'enseignement du secondaire » (Mathé et al., 2020, p.81).

Nous percevons ici la nécessité de clarifier des liens existant entre la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) et la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1991).

Brousseau rappelle tout d'abord la définition d'une situation fondamentale :

C'est un schéma de situation capable d'engendrer par le jeu des variables didactiques qui la déterminent, l'ensemble des situations correspondant à un savoir déterminé. Une telle situation, lorsqu'on peut l'identifier, offre des possibilités d'enseignement mais surtout une représentation du savoir par les problèmes où il intervient permettant de restituer le sens du savoir à enseigner (Brousseau, 2010, p.3).

Nous comprenons que la notion de situation fondamentale est un modèle de situation qui va permettre de générer tout un ensemble de situations de manière à donner du sens au savoir à enseigner.

Même si elle en comporte des nuances, la définition d'une situation fondamentale de Brousseau (2010) n'est pas sans lien avec la définition d'un champ conceptuel donnée par Vergnaud (1991). En effet, Vergnaud (1991) considère « un champ conceptuel comme un ensemble de situations » (p.146). Il ajoute qu'un « avantage de cette approche par les situations est de permettre de générer une classification reposant sur l'analyse des tâches cognitives et des procédures pouvant être mises en jeu dans chacune d'elles » (ibid., p.146).

Vergnaud, dans son approche pragmatique de l'élaboration des connaissances, donne une place centrale à la notion de schème, qu'il définit ainsi :

On peut définir le schème comme une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations, composée de quatre catégories d'éléments, tous indispensables :

- un but, ou plusieurs, et le cortège de sous-buts et d'anticipations qui en dérive ;
- des règles d'action, de prise d'information et de contrôle qui engendrent le déroulement temporel de l'activité et de la conduite observable ;
- des invariants opératoires, c'est-à-dire des catégories et des relations permettant de prélever l'information pertinente (concepts-en-acte), ainsi que des propositions tenues pour vraies (théorèmes-en-acte). Leur fonction est d'articuler ensemble caractéristiques de la situation, buts, sous buts et règles ;
- des possibilités d'inférence, qui permettent justement de calculer en situation, hic et nunc, les conséquences des informations recueillies et des propositions tenues pour vraies. Ce calcul reste largement implicite, voire inconscient (Vergnaud, 2002, p. 40).

Nous identifions ici dans la troisième composante d'un schème la notion d'invariants opératoires déjà abordée à plusieurs reprises par Mathé et al. (2020). Nous percevons donc l'importance d'étudier les différentes composantes d'un schème, d'autant plus qu'à propos de la « composante 2 : prise d'informations, règles d'action, contrôles », Vergnaud (2001/2) souligne que « la prise d'information et de contrôle sont des conditions essentielles de l'efficacité de l'action » (Vergnaud, 2001/2, p. 120). Pour nous, la « composante 2 : prise d'informations, règles d'action, contrôles » est donc également à prendre en considération pour envisager « la production d'action et de déclarations validées par leur efficacité spatiale », proposition que nous avons pointée dans les apports de Berthelot et Salin (2000-2001, p.12). Nous poursuivons alors notre réflexion sur l'étude des notions de variables didactiques et d'adaptation.

2.2.2 Les notions de milieu, de variables didactiques et d'adaptation

Brousseau (1998) propose des outils permettant de modéliser des situations correspondant à un savoir. Il considère ces conditions comme formant un système appelé « situation » (Brousseau, 2010, p.2) et définit l'enseignement d'une connaissance de la manière suivante :

L'enseignement consiste à provoquer chez l'élève les apprentissages projetés en le plaçant dans des situations appropriées auxquelles il va répondre spontanément par des adaptations. Il s'agit donc de déterminer quelles sont les adaptations qui correspondent au savoir et aux connaissances visées et à quelles circonstances elles répondent (G. Brousseau, 1988, p. 323).

Brousseau (1998) propose, dans le cas de la construction d'une nouvelle connaissance, d'utiliser la notion d'adaptation en indiquant que « chaque connaissance doit naître de l'adaptation à une situation spécifique » (p.47). Brousseau (2010) explicite ainsi un procédé qui consiste à déterminer « une connaissance mathématique par un problème dont cette connaissance est la solution » (p.2). L'adaptation est une condition pour qu'une nouvelle connaissance émerge et fasse sens pour l'élève. Elle doit viser à modifier les connaissances initiales de l'élève apprenant pour en faire acquérir des nouvelles. L'élève doit donc prendre conscience de l'insuffisance de ses connaissances anciennes.

Brousseau (1988) explique ensuite que « l'apprentissage va consister à changer de stratégies et à changer les connaissances qui leur sont associées » (p.61). En fonction du projet d'enseignement d'une connaissance, il est donc important d'effectuer un choix en appui sur les valeurs possibles des variables didactiques :

Un champ de problèmes peut être engendré à partir d'une situation par la modification de la valeur de certaines variables qui, à leur tour, font changer les caractéristiques des stratégies de solution (coût, validité, complexité, ...)

Seules les modifications qui affectent la hiérarchie des stratégies sont à considérer (variables pertinentes) et parmi les variables pertinentes, celles que peut manipuler un professeur sont particulièrement intéressantes : ce sont les variables didactiques (Brousseau, 1982, p. 23).

Ces variables sont pertinentes à un âge donné dans la mesure où elles commandent des comportements différents. Ce sont des variables didactiques dans la mesure où agissant sur elles, on pourra provoquer des adaptations et des régulations : des apprentissages (Brousseau, 1982a, p. 47).

En relation avec la modification des comportements des élèves, et donc des procédures, Duval (2005) précise que pour qu'une représentation puisse donner lieu à une transformation, « elle doit pouvoir être obtenue et modifiable par une procédure de production, c'est à dire une procédure qui permet de transformer une représentation que l'on se donne en une représentation du même genre » (p.69).

Nous retenons donc des apports de Brousseau (1982) le fait que c'est le choix de valeurs pertinentes parmi les variables didactiques qui va entraîner un changement dans la « hiérarchie » des stratégies possibles, ou encore changer la stratégie optimale de la situation (et donc la signification de la connaissance visée). Nous identifions dans les notions de variables didactiques et de valeurs à donner à

ces variables le moyen d'agir pour construire des actions "efficaces" pour résoudre un problème, c'est-à-dire pour favoriser l'émergence des schèmes.

Vergnaud (2001/2) soulève alors le fait que le couple schème-situation est « la clef de voûte de la psychologie cognitive et de la théorie de l'activité : pour cette raison simple que la connaissance étant adaptation, ce sont les schèmes qui s'adaptent, et ils s'adaptent à des situations » (p.110). Vergnaud (2001/2) souligne alors que « cette fonction d'adaptation aux situations conduit à identifier dans le schème des règles SI... ALORS qui relie des actions à des conditions et des circonstances. Le caractère général d'un schème ... appelle donc une analyse en termes de règles conditionnelles » (p.112).

Ainsi, nous retenons que si les savoir-faire et les savoirs se développent dans le processus d'adaptation au réel, ce sont les schèmes qui s'adaptent, et ils s'adaptent aux valeurs des variables didactiques des situations auxquelles ils s'adressent. Nous identifions également que les règles d'action permettent de mettre en relation les actions à des conditions (prises d'informations pertinentes, relations, propriétés-en-acte) et des circonstances (buts à atteindre, effets à obtenir).

Les connaissances abordées par Brousseau se retrouvent dans les invariants opératoires définis par Vergnaud (2001/2). En effet, il indique à leur propos qu'ils constituent la composante épistémique du schème : ils désignent les connaissances contenues dans les schèmes. Pour lui, les invariants opératoires permettent de comprendre la relation entre l'action et la conceptualisation. Nous comprenons donc ici l'intérêt porté par Mathé et al. (2020) concernant l'étude des invariants opératoires contenus dans les schèmes pour amener les élèves à développer les concepts géométriques conjointement aux schèmes d'utilisation des instruments.

Ce que nous retenons de cette discussion

Nous retenons des apports de Brousseau (1982, 2010) qu'une « situation fondamentale » est un ensemble de situations qui se distinguent par le choix des valeurs données aux variables didactiques. Ce choix est fait pour permettre la construction du sens du savoir à enseigner. Nous retenons la notion de situation fondamentale et considérons l'ingénierie de situations que nous cherchons à élaborer comme un élément d'une situation fondamentale dans le cadre de la restauration de figures. Notre ingénierie de situations aura comme objectifs, entre autres, la conceptualisation en géométrie, le développement des schèmes d'utilisation des instruments, et la construction d'un « corpus de savoirs validés par leur efficacité spatiale. » (Berthelot et Salin, 2000/2001).

Nous soulignons des apports de Brousseau (1982), Duval (2005) et Vergnaud (1991, 2001/2) que le choix des valeurs des variables didactiques va amener les schèmes des élèves à s'adapter, à faire évoluer leurs représentations sur le sens

d'un concept donné et adopter des comportements différents. Nous retenons des apports de Vergnaud (1991) l'importance d'étudier le contenu des composantes d'un schème, et notamment les composantes relatives aux invariants opératoires et aux règles d'action. Aussi, pour produire des actions et des déclarations validées par leur efficacité spatiale comme le proposent Berthelot et Salin (2000/1), nous pointons des apports de Vergnaud (2001/2) que la prise d'information et de contrôle vont être des conditions essentielles de l'efficacité de l'action. La « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles », associée aux règles d'action, est donc en étroite relation avec la « composante 3 : invariants opératoires ». Nous retenons des apports de Vergnaud (2001/2) le lien existant entre les situations proposées, les adaptations souhaitées et les schèmes. Nous gardons donc l'idée d'analyser les schèmes nécessaires à la résolution d'un problème en termes de « règles conditionnelles » comme le souligne Vergnaud (2001/2). Cette analyse nous permettra d'identifier, du côté méthodologique, comment opérer sur les « valeurs données aux variables didactiques » des « situations de restauration de figures » pour provoquer une « adaptation » et un certain développement des « schèmes » des élèves. Nous notons par ailleurs que la notion d'invariants opératoires, abordée par Mathé et al. (2020), est constitutive de la « composante 3 : invariants opératoires » d'un schème définie par Vergnaud (2001/2). L'étude des « invariants opératoires » va nous permettre d'analyser les savoirs et savoir-faire sous-jacents aux développement des règles d'action visées par le choix des valeurs données aux variables didactiques d'un problème.

Dans la perspective de construire un corpus de savoirs et savoir-faire valides appuyé sur l'expérience et la vérification contrôlée des instruments, nous poursuivons avec la question suivante :

Q2-2 : Comment amener les élèves à produire les énoncés associés aux actions avant d'en valider leur efficacité spatiale ?

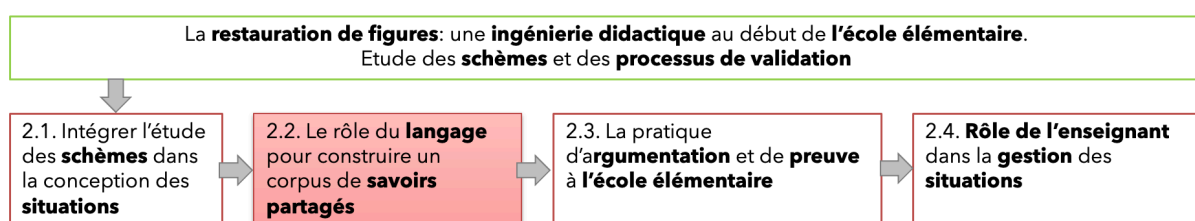


Figure 13: Suivi de notre réflexion théorique (2.2)

2.2 Le rôle du langage pour construire un corpus de savoirs et savoir-faire partagé

Nous présentons ici une discussion sur le lien existant entre les différents types de situations et les différentes formes de connaissances à développer. Nous mettons en évidence le lien étroit à construire dans l'élaboration d'une dialectique des situations d'action, de formulation et de validation pour intégrer la question de la formation des schèmes et celle de la validation dans le processus d'apprentissage.

2.2.1 Des outils pour modéliser d'autres types de situations

Brousseau (1998) propose des outils permettant de modéliser différents types de situations. Il distingue notamment divers types de situations d'apprentissage en élaborant plusieurs classifications : une classification des interactions du sujet avec le milieu, une classification des types d'organisation avec ce milieu et une classification des types de fonctionnement d'une connaissance. Cette classification lui permet de créer une dialectique de situations d'action, de formulation et de validation. Cette dialectique permet d'observer des échanges qu'il classe en trois catégories :

- Les échanges de jugements ;
- Les échanges d'informations codées par un langage ;
- Les échanges d'informations non codées ou sans langage : les actions et les décisions qui agissent directement sur l'autre protagoniste.

Ces catégories sont emboîtées car un échange de jugements est un échange d'informations particulières, et celui-ci un type particulier d'action et de décision. Elles le sont strictement (Brousseau, 1998, p. 98).

Pour Brousseau (1998), une situation de formulation élaborée en dialectique avec une situation d'action permet de « (...) mettre au point progressivement un langage que tout le monde comprenne et qui prenne en compte les objets et les relations pertinentes de la situation de façon adéquate » (p.36). Il dit que « la construction d'un tel langage ou code (répertoire, vocabulaire, quelquefois syntaxe) en langue ordinaire ou en langage formalisé rend possible l'explicitation des actions » (Brousseau, 1998, p.36). Il ajoute en outre qu'une « (...) situation de formulation amène l'élève à faire des propositions verbales susceptibles d'être discutées par un autre élève. Ce dernier peut par exemple manifester son incompréhension » (Brousseau, 1998, p.35). Nous retrouvons ici des enjeux que nous avons retenus des travaux menés autour du langage dans le domaine de la géométrie (e.g. Mathé et Mithalal, 2019 ; Duval, 2005).

Vergnaud insiste sur l'importance du langage : « la collaboration et la communication avec autrui, pair ou adulte plus expert, est essentielle dans la formation des schèmes et des conceptualisations nécessaires à la réussite » (Vergnaud, 2001/2, p. 122). Il ajoute :

Les schèmes langagiers, discursifs et communicatifs ont commencé à être étudiés depuis une vingtaine d'années, surtout pour les conversations courantes, pas assez pour les conversations professionnelles, ni pour les échanges en classe. Ils permettent néanmoins de mieux comprendre les rapports entre connaissances-en-acte et connaissances explicites (Vergnaud, 2001/2, p.122).

Nous relevons ici l'intérêt d'étudier d'autres types de schèmes appelés par la mise en œuvre de différents types de situations et d'étudier sous quelle(s) condition(s) ils peuvent se développer dans une dialectique de situations d'action, de formulation, de validation.

Brousseau aborde le lien étroit existant entre les types de situation en indiquant qu'une situation de formulation peut permettre de faire un premier pas vers la validation. Il explique en effet que, dans une « situation de formulation », « les propositions peuvent ... être discutées « du point de vue de la validité du contenu (c'est-à-dire sa vérité ou son efficacité) » (Brousseau, 1998, p.36). Il appelle ces moments de discussions spontanées sur la validité des actions sont appelés des « phases de validation » (ibid., p.36). Ces différentes propositions font écho à la potentialité de la modalité de communication en dyade et à l'idée de faire l'action la moins probable tout en respectant l'instruction, étudiée par Petitfour et Barrier (2019) dans le contexte de la géométrie.

En lien avec ces moments de discussions spontanées sur la validité des actions, Vergnaud (1991) ajoute qu'effectivement, une des fonctions du langage est de « rendre explicite ce qui n'était qu'implicite, et lui donner ainsi un caractère public qui permet de le soumettre au débat et à la preuve » (p.85). Balacheff rejoint leurs propos : « (...) il n'y a pas de validation possible sans la formulation explicite et partageable d'une assertion, il n'y a pas de représentation sans une sémantique qui émerge d'une activité » (Balacheff, 2011, p. 16).

Ces moments de réflexion sur l'action ont déjà été abordés par Mathé et al. (2020) à propos de l'usage des instruments. Vergnaud (2001/2) pointe la nécessité d'un retour réflexif sur l'action. Il souligne en effet que deux niveaux de conscience sont à prendre en considération : celui qui permet de faire et qui conditionne la réussite (conscience avant), et celui qui permet de revenir sur les raisons de la réussite ou de l'échec, et qui conditionne la stabilisation et l'explicitation des connaissances (conscience après) (Vergnaud, 2001/2). Il ajoute que la « conscience

avant » est nécessaire pour réussir, la « conscience après » pour comprendre et débattre avec autrui des conditions de la réussite. (Vergnaud, 2001/2).

Nous percevons donc plusieurs enjeux dans la mise en œuvre de situations de formulation. Nous identifions la possibilité de produire des énoncés associés aux actions, de construire un langage partagé, avant d'envisager leur validation. Nous retenons que la proposition de situation de formulation est également un moyen de favoriser la conceptualisation et la formation des schèmes. Enfin, nous identifions la possibilité d'initier des phases de validation dans les situations de formulation.

En lien avec ce qui précède, Brousseau (1998) explique à propos d'une « situation de validation », qu'elle va permettre aux élèves d'échanger des jugements. Ce type de situation permet de motiver les élèves à discuter sur une situation et favoriser la formulation de leurs validations implicites. Cependant, les raisonnements des élèves peuvent être encore insuffisants, incorrects, maladroits : « (...) ils adoptent des théories fausses, acceptent des preuves insuffisantes et fausses » (Brousseau, 1998, p.41). La « situation de validation » vise donc à observer les élèves « ... évoluer, ... réviser leur opinion, ... remplacer leur théorie fautive par une théorie vraie » (ibid., p.42). Brousseau soulève alors que « les connaissances explicites et les savoirs interviennent (...) dans le contrôle des jugements de "l'élève". Ils forment en quelque sorte le "code" à l'aide duquel il construit, justifie, vérifie et démontre ses déclarations de validité. » (Brousseau, 1998, p.100).

Balacheff (2019) pointe alors que l'étude du saut conceptuel que nécessite la validation a été sous-estimé dans les recherches : « This shift from the vocabulary of truth to the vocabulary of validity, which suggests a shift from proof to validation, is more important than we may have realized » (Balacheff, 2019a, p. 5).

Nous comprenons donc l'importance du rôle du langage et des situations de formulation avant d'envisager la mise en œuvre d'une situation de validation.

En lien avec les apports que nous avons retenu dans le domaine de la géométrie, nous percevons ici que le langage a un rôle à la fois dans les apprentissages géométriques et dans les processus de validation.

Ce que nous retenons de cette discussion :

Pour élaborer une dialectique de situations dans le but d'intégrer la question de la validation des savoirs et savoir-faire visés dans un processus d'apprentissage, nous soulignons des apports de Brousseau (1998) le strict emboîtement existant entre les différents échanges produits dans les situations d'action, de formulation et de validation. Nous en déduisons que la mise en œuvre d'une situation de validation nécessite la mise en œuvre préalable de situations de formulation, qui nécessite elle-même la mise en œuvre préalable d'une situation d'action. Ainsi, les formes

de connaissances développées dans l'action vont fonder le contenu des échanges développés dans les situations de formulation. De la même manière, le contenu des formulations d'actions va fonder à son tour le contenu des énoncés de validité des actions.

Nous réutilisons de Brousseau (1998) et Vergnaud (2001/2) qu'une situation de formulation peut permettre de construire un langage partagé qui prenne en compte les relations pertinentes d'une situation de façon adéquate. Elle va permettre également, par l'usage du langage, d'agir sur les conceptualisations nécessaires à la réussite et à la formation des schèmes. Nous pointons à leur propos la possibilité d'étudier les différents types de schèmes appelés par d'autres types de situations indiqués par Vergnaud (2001/2) : le schème communicatif et le schème discursif.

Nous soulignons également que ce type de situation peut permettre aux élèves de discuter de manière spontanée sur la validation des actions. Nous notons en outre qu'une situation de validation favorise les échanges de jugements et la construction d'un code à l'aide duquel l'élève va construire ses déclarations de validité. Ces éléments ne sont pas sans lien avec l'importance accordée par Vergnaud (2001/2) au fait de revenir sur les conditions de la réussite ou de l'échec pour favoriser l'explicitation des connaissances. Nous pointons donc aussi la possibilité de faire reposer la validation sur les conditions de réussite ou d'échec de l'action pour agir sur la formation des schèmes et des conceptualisations nécessaires à la réussite.

2.2.2. Précision de la problématique

Cette discussion avait pour but d'identifier les éléments à prendre en considération dans l'élaboration d'une suite de situations de restauration susceptibles d'agir conjointement sur le développement de la conceptualisation géométrique et l'usage géométrique des instruments, c'est-à-dire les schèmes d'utilisation des instruments.

Pour intégrer l'étude et la formation des schèmes des élèves dans l'élaboration de situations à usage didactique dans notre méthodologie de recherche, nous avons retenu des apports de Brousseau (1998) la possibilité de choisir des variables didactiques pertinentes pour engendrer des comportements différents chez l'élève.

Nous avons ensuite retenu des apports de Duval (2005) que pour qu'une représentation puisse donner lieu à une transformation, elle doit pouvoir être obtenue et modifiable par une procédure de production, c'est-à-dire une procédure qui permet de transformer une représentation que l'on se donne en une représentation du même genre.

Nous retenons alors des apports de Vergnaud (2001/2) le lien existant entre les situations proposées, les adaptations souhaitées et les schèmes. Nous gardons l'idée d'analyser les schèmes nécessaires à la résolution d'un problème en termes de « règles conditionnelles » comme le souligne Vergnaud (2001/2). Cette analyse nous permettra d'identifier, comment opérer sur les « valeurs données aux variables didactiques » des « situations de restauration de figures » pour provoquer des « adaptations » et un certain développement des « schèmes » des élèves. Nous retenons l'intérêt d'étudier le contenu des « invariants opératoires » pour identifier les savoirs et savoir-faire sous-jacents au développement des « règles d'action » visées par le choix des « valeurs données aux variables didactiques » d'un problème.

Pour élaborer une « dialectique de situations » dans le but d'intégrer la question de la validation des savoirs et savoir-faire visés dans un processus d'apprentissage, nous prenons appui sur Brousseau (1998) en considérant le strict emboîtement à créer entre les différents échanges produits dans les « situations d'action, de formulation et de validation ». Nous allons utiliser le fait que le contenu des énoncés de validité des actions doit se fonder sur le contenu des échanges développés dans les situations de formulation, qui eux-mêmes doivent se fonder sur les formes de connaissances développées dans l'action. Nous retenons des apports de Vergnaud (2001/2) que les schèmes vont s'adapter aux caractéristiques des situations et l'intérêt à porter sur l'étude des schèmes « discursif et communicatif » des élèves. Nous envisageons la possibilité de définir ces schèmes dans le contexte de la restauration de figures et d'en étudier les conditions d'émergence. Pour cela, nous les analyserons en appui sur le contenu des différentes composantes des schèmes.

En suivant Vergnaud (2001/2), nous considérons la possibilité de faire reposer la validation sur les conditions de réussite de l'action pour agir sur la formation des schèmes et des conceptualisations nécessaires à la réussite. Nous analyserons donc notamment les schèmes « en termes de règles conditionnelles ». Nous ferons le choix de faire reposer les différents échanges sur le contenu de ces règles d'action dans la dialectique de situations d'action, de formulation et de validation.

Cette discussion nous permet de préciser nos questions de recherche :

<p>QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 dans une dialectique de situations d'action, de formulation et de validation ?</p> <p>QR1b : Ces schèmes permettent-ils aux élèves de s'interroger et de discuter sur la validité des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure ?</p>

Avant de poursuivre avec une question relative à une pratique d'argumentation à l'école élémentaire, nous poursuivons avec une question concernant le rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre des situations.

Nous posons la question suivante :

Comment envisager la mise en œuvre des situations par l'enseignant pour que cette dernière s'accompagne de la validation et de l'institutionnalisation des savoirs et savoir-faire visés ?

2.2.3. Le rôle de l'enseignant

Nous présentons ici une discussion sur les notions de dévolution et d'institutionnalisation des connaissances (Brousseau, 1998), et sur le rôle de l'enseignant dans la gestion de ces deux processus.

Notre but est de déterminer les éléments à prendre en considération dans notre méthodologie à propos de la mise en œuvre des situations par l'enseignant pour que cette dernière s'accompagne d'une validation et d'une institutionnalisation des savoirs et savoir-faire visés. Cette discussion nous permettra de formuler une question de recherche concernant le rôle de l'enseignant.

2.2.3.a. La dévolution et l'institutionnalisation de connaissances

Brousseau (1998) indique que la mise en œuvre d'une situation en classe met en relation l'enseignant, porteur de l'intention d'enseigner une connaissance, et ses élèves. Il distingue deux catégories de situations : les situations didactiques et adidactiques :

Les situations didactiques où un actant, un professeur par exemple, organise un dispositif qui manifeste son intention de modifier et de faire naître les connaissances d'un autre actant, un élève par exemple et lui permet de s'exprimer en actions, et les *situations « non didactiques »* où l'évolution de l'actant n'est soumise à aucune intervention directe.

La modélisation des enseignements effectifs conduit à combiner les deux : certaines situations didactiques ménagent au sujet de l'apprentissage des situations partiellement libérées d'interventions directes : les *situations a-didactiques* (Brousseau, 2010, p.2).

Brousseau explique que dans une situation didactique, le travail de l'enseignant est de produire une contextualisation des connaissances qu'il souhaite faire acquérir aux élèves. Le rôle de l'enseignant est de réussir la dévolution du problème aux élèves. Brousseau (1990) définit cette notion « comme l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage (adidactique) ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » (p.325).

Pour cela, il indique que l'enseignant cache son intention d'enseigner une connaissance aux élèves et que son rôle consiste à présenter et mettre en scène la situation de manière que l'élève en comprenne les règles (les contraintes) et l'enjeu (le but, le problème à résoudre). Dans cette phase, la situation est dite didactique car elle fait intervenir l'enseignant dans la présentation de la situation. Cette phase contribue à installer le contrat didactique (Brousseau, 1998). Le contrat didactique est l'ensemble des règles (des contraintes) qui définit et limite les responsabilités des élèves et de l'enseignant, vis-à-vis d'un savoir mathématique enseigné. « C'est le moyen qu'a le maître pour la mettre en scène, dans une finalité didactique. [...] Le contrat didactique n'est pas un contrat pédagogique général. Il dépend étroitement des connaissances en jeu. » (Brousseau, 1998, p.60).

Une situation devient adidactique lorsque l'enseignant se met en retrait pour laisser les élèves s'engager dans la recherche d'une solution au problème :

Ces problèmes, choisis de façon que l'élève puisse les accepter, doivent le faire agir, parler, réfléchir, évoluer de son propre mouvement. Entre le moment où l'élève accepte le problème comme sien et celui où il produit sa réponse, le maître se refuse à intervenir comme proposeur des connaissances qu'il veut voir apparaître. [...] Une telle situation est appelée situation adidactique (Brousseau, 1998, p.59).

Lors de la phase de recherche, Brousseau (1998) souligne qu'un déplacement de responsabilité par rapport au savoir de l'enseignant vers l'élève peut être observé : dans une situation adidactique, l'élève devient responsable de son rapport au savoir. Son apprentissage est lié à une modification de son rapport à la connaissance qu'il produit lui-même. Ces modifications sont provoquées par l'enseignant qui effectue des choix modélisés comme des valeurs des variables de la situation adidactique. C'est l'enseignant qui aménage le milieu pour contraindre l'action de l'élève dans un sens déterminé.

Brousseau (1998) donne un autre rôle principal à l'enseignant : celui de l'institutionnalisation. C'est le moment où l'enseignant donne une lecture des activités des élèves et définit les rapports que peuvent avoir les comportements ou les productions avec le savoir culturel visé :

L'institutionnalisation porte aussi bien sur une situation d'action - on reconnaît la valeur d'une procédure qui va devenir un moyen de référence - que sur la formulation. Il y a des formulations qu'on va conserver (« ça se dit comme ça », « celles-là valent la peine d'être retenues ») Et pour les preuves de la même façon, il faut identifier ce qu'on retient des propriétés des objets qu'on a rencontrés (Brousseau, 1998, p.311).

Ainsi, Brousseau souligne que ce moment fait partie de tout un processus où la connaissance mobilisée dans le contexte de la situation est dépersonnalisée, décontextualisée avant d'être institutionnalisée. Perrin-Glorian pointe alors la place

importante donnée « au processus de contextualisation et décontextualisation des connaissances considéré comme un des moteurs de la construction du sens des concepts mathématiques pour les élèves à travers les situations didactiques » (Perrin-Glorian, 1993, p. 80).

Nous retenons ici que les institutionnalisations peuvent porter sur une procédure dont on va retenir l'efficacité aussi bien que sur la formulation. Elles peuvent porter sur des formulations qui valent la peine d'être retenues, mais aussi sur des preuves, dans l'idée de retenir les propriétés des objets rencontrés. Cela nous semble important à considérer dans la perspective d'élaborer une dialectique de situations. Nous retenons également le processus de contextualisation et décontextualisation des connaissances. Les différentes valeurs données aux variables didactiques d'un problème vont permettre d'observer la construction progressive de tout un corpus de connaissances mobilisées dans le contexte des problèmes proposés. Nous poursuivons sur l'institutionnalisation locale de ces connaissances.

2.2.3.b L'institutionnalisation locale de connaissances

Perrin-Glorian (1993) a mené des recherches sur l'enseignement des mathématiques dans les classes issues d'un milieu socio-culturel défavorisé. Elle complète alors les apports de Brousseau (1998) sur les notions de dévolution et d'institutionnalisation des connaissances : « l'importance de certains équilibres à respecter lors de l'institutionnalisation sous pleine d'un divorce avec la situation d'action qui ne peut plus servir de référence pour donner du sens au savoir institutionnalisé » (Perrin-Glorian, 1993, p.139). Pour Perrin-Glorian, la dévolution est un processus qui « se poursuit au-delà de l'action ... [et même] au-delà de la situation didactique » (ibid., p.82). Elle indique la possibilité d'envisager, pour les élèves qui n'auraient pas fonctionné de manière scientifique au cours de l'action, « la possibilité d'organiser une dévolution après-coup par un retour réflexif sur l'action » (ibid., p.83). Perrin-Glorian (1993) considère « l'institutionnalisation comme un processus qui se déroule tout au long de l'enseignement, un moteur de l'avancement du contrat didactique et non comme une phase en fin de processus où le maître fait son cours ». (pp.82-83). Elle ajoute que « l'institutionnalisation des connaissances commence dès le tout début de la dévolution puisqu'il faut déjà que le maître donne à l'élève, s'il ne l'a pas, le projet d'acquérir des connaissances, d'où l'imbrication des processus de dévolution et d'institutionnalisation ». (Perrin-Glorian, 1993, p.83). Elle dit penser par ailleurs que, « pour certains élèves au moins, l'institutionnalisation ne peut se faire que de façon très progressive avec de nombreux cycles contextualisation - décontextualisation » (ibid., p.83).

Perrin-Glorian définit ainsi trois étapes dans l'institutionnalisation :

- institutionnalisations locales dans un ou plusieurs contextes au sens où R. Douady (Douady, 1984) utilise cette expression dans la description de la dialectique outil objet.
- réinvestissement d'un contexte dans un autre : institutionnalisation d'une liaison entre différents contextes ;
- cours construit par le professeur au sens traditionnel donnant un statut d'objet mathématique à certaines des notions rencontrées

Ces étapes concernent aussi bien des concepts que des pratiques, méthodes et représentations qui leur sont attachées dans les situations rencontrées. De plus elles ne correspondent pas entièrement à un ordre chronologique, le réinvestissement se plaçant tout au long avec des degrés de décontextualisation différents : dès que les élèves ont rencontré une première situation sur la notion, ils peuvent réinvestir des pratiques en reconnaissant une analogie entre 2 situations jusqu'après le cours où ils pourront peut-être réinvestir le savoir en tant qu'objet mathématique (Perrin-Glorian, 1993, p.83).

Perrin-Glorian (1993) a caractérisé des situations didactiques spécifiques pour gérer la dévolution et l'institutionnalisation comme des processus qui se déroulent sur des temps longs. Elle prend appui sur le fait qu'un « des temps forts dans le processus de dépersonnalisation et décontextualisation des savoirs construits en classe se situe au cours des bilans qui suivent une phase de recherche des élèves » (p.84). Perrin-Glorian (1993) définit alors les situations de rappel de type 1 :

Les situations de rappel de type 1 se placent peu après une situation d'action mais un autre jour, se distinguant ainsi du bilan. En essayant de dire collectivement ce qui s'est passé, quel problème a été traité, les élèves sont amenés à repenser le problème, les procédures de traitement envisagées dans la classe. Les élèves qui ne se sont pas construits une représentation mentale lors de la phase d'action trouvent là une nouvelle occasion et raison de le faire puisqu'ils vont devoir parler de ce qui s'est passé et le décrire sans pouvoir agir à nouveau. Il se peut que pour certains élèves l'action soit à nouveau nécessaire mais elle est alors placée dans une nouvelle perspective : il faut agir non seulement pour trouver une solution mais aussi pour pouvoir en parler. D'une part il se produit alors une dépersonnalisation des solutions dans la mesure où elles sont reprises et exposées par d'autres élèves que ceux qui les ont trouvés, d'autre part il se produit une pré- décontextualisation : en reprenant à froid ce qui s'est passé, on élague les détails pour identifier ce qui est important. à cette occasion le sens caché, le rôle pour l'apprentissage de l'un ou l'autre des problèmes posés peut se révéler à certains élèves. En même temps, par le retour réflexif sur l'action que ces situations supposent, elle favorise la construction des représentations mentales pour les élèves [...] (Perrin-Glorian, 1993, p.85)

Perrin-Glorian (1993) ajoute que ce type de situation « remplit surtout les fonctions de dévolution après coup, donc d'homogénéisation de la classe et de dépersonnalisation des solutions avec l'institutionnalisation locale ». (p.85). Elle ajoute que ces situations « jouent un rôle essentiel dans la constitution de ce que Brousseau appelle "la mémoire de la classe" » (ibid., p.84).

Allard (2015) a également travaillé sur le processus de l'institutionnalisation. De son côté, elle explique étudier la gestion par l'enseignant du processus qui

consiste à contextualiser, décontextualiser, recontextualiser une connaissance, processus qu'elle appelle PCDR.

Le système didactique peut aussi être interrogé sur les jeux de décontextualisation-contextualisation dans leur rôle sur la mémorisation des textes par les élèves. L'un des aspects de la contextualisation que nous n'avons pas encore évoqué est le rôle qu'elle joue comme soutien de la mémoire des élèves. Le rappel d'un contexte favorise la mobilisation des connaissances d'une manière parfois plus économique que la lecture d'un texte décontextualisé.

C'est alors que l'on peut parler de processus de contextualisation-décontextualisation-recontextualisation : le maître propose une situation pour laquelle les connaissances sont utilisées en contexte, puis décontextualise (afin de favoriser l'émergence du savoir) puis recontextualise (pour la mobilisation des connaissances afin de résoudre une nouvelle situation) en évoquant la situation et non les connaissances en jeu (Allard, 2015, p. 34).

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons des travaux de Perrin-Glorian (1993) le fait de considérer la dévolution et l'institutionnalisation des connaissances comme des processus qui se déroulent sur un temps long. Nous prenons ainsi en considération la possibilité d'organiser des institutionnalisations locales des connaissances, ainsi que des situations de rappel de type 1 pour favoriser la construction de la « mémoire de la classe ». En effet, au regard des apports que nous avons retenus sur le rôle du langage dans le processus d'apprentissage et des enjeux que nous visons à propos de la validation, il nous semble important de mettre en œuvre les conditions favorables à la construction d'une mémoire partagée des savoirs et savoir-faire au sein de la classe.

2.2.3.c Le partage de responsabilité entre l'enseignant et les élèves

Nous poursuivons en interrogeant maintenant le rôle que peut jouer l'enseignant sur le développement des schèmes des élèves. En effet, Vergnaud (1994) a étudié « le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel » (p.177). Pour lui, le rôle de l'enseignant est :

D'offrir au sujet des situations, c'est-à-dire des occasions d'exercer des schèmes existants (de mieux en contrôler les conditions, d'en automatiser certaines parties), et de développer des schèmes nouveaux (des conceptualisations et des règles d'actions nouvelles, des buts et des tâches inhabituelles) (Vergnaud, 1994, p. 181).

Pour cela, Vergnaud précise les aides que peut apporter l'enseignant :

L'enseignant ne se contente pas d'offrir aux élèves des occasions de produire une conduite ..., mais il apporte une aide à l'identification des buts à atteindre, à la catégorisation et à la sélection de l'information, au réglage de la conduite, au raisonnement. Il utilise pour cela toute une panoplie de questions et d'indications verbales, de gestes, de regards, de silences. Concernant l'identification des objets et de leurs propriétés, l'enseignant peut recourir à des formes

symboliques diverses (... , énoncés en langage naturel) pour favoriser les opérations de pensée des élèves, et notamment la sélection des informations utiles à la résolution (Vergnaud, 1994, p.182).

Vergnaud (1994) résume les aides que peut apporter l'enseignant et montre que ces dernières peuvent porter sur les différentes composantes d'un schème (Figure 14) :

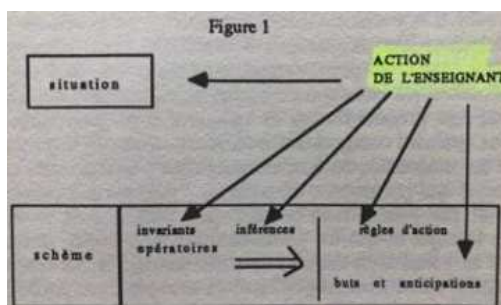


Figure 14 : Action de l'enseignant (Vergnaud, 1994, p.182)

Nous interrogeons alors la possibilité d'action donnée à l'enseignant, c'est-à-dire la possibilité d'intervenir et d'aider les élèves par la production de questions ou d'indications verbales.

A ce propos, Hersant et Perrin-Glorian (2003) distinguent quatre « composantes du contrat didactique » pour « pour mieux rendre compte des interactions entre le niveau local des actions du professeur et des élèves et le niveau global de l'acquisition d'un certain savoir » (p.238) :

Les deux premières sont liées au savoir en jeu ; le domaine mathématique, le statut didactique du savoir, la troisième composante est liée à la nature et aux caractéristiques de la situation didactique en cours, la dernière à la répartition entre le professeur et les élèves des responsabilités relatives au savoir. Ces composantes ne sont pas indépendantes. Ainsi le partage des responsabilités relatives au savoir sera en général lié au statut didactique du savoir et aux caractéristiques de la situation didactique, voire à celles du domaine mathématique en jeu (Hersant et Perrin-Glorian, 2003, p. 238).

La deuxième composante que constitue « le statut didactique du savoir correspond au degré de familiarité du savoir en jeu pour les élèves » (Hersant et Perrin-Glorian, 2003, p.239). Hersant et Perrin-Glorian (2003) distinguent cinq statuts du savoir :

Aux deux extrêmes un savoir entièrement nouveau et un savoir ancien qui n'est en principe plus enjeu d'apprentissage, entre les deux un savoir en cours d'apprentissage pour lequel nous considérerons trois états ; savoir nouveau après une première rencontre, savoir en cours d'institutionnalisation et savoir institutionnalisé à consolider (Hersant et Perrin-Glorian, 2003, p.239).

Cette deuxième composante leur permet d'étudier le partage de responsabilités entre l'enseignant et les élèves :

Cette composante est liée à celle du partage de responsabilités entre le professeur et les élèves puisqu'en général l'enseignant laissera plus de responsabilité aux élèves dans le cas d'un savoir ancien, mais elle en est distincte puisque, notamment dans le cas d'un savoir nouveau, l'enseignant peut laisser une grande part de responsabilité aux élèves face au savoir lorsqu'un milieu permet des rétroactions suffisantes mais il peut aussi garder toute la responsabilité pour valider les propositions ou les essais (Hersant et Perrin-Glorian, 2003, p.239).

Hersant et Perrin-Glorian (2003) ont caractérisé différents méso-contrats en appui sur les composantes qu'elles ont définies. Ces méso-contrats leur permettent d'analyser *a posteriori* des séquences d'enseignement. En effet :

C'est à ce niveau qu'on voit apparaître la gestion par le maître des deux grands processus dont il a la responsabilité ; la dévolution des situations, c'est-à-dire le transfert vers les élèves d'une partie de sa responsabilité face au savoir enjeu d'enseignement et l'institutionnalisation, c'est-à-dire les efforts faits dans le sens d'une adéquation au rapport institutionnel du rapport personnel des élèves à ce savoir (Hersant et Perrin-Glorian, 2003, p.241).

Nous retenons ici de Hersant et Perrin-Glorian (2003) les différentes parts de responsabilité de l'enseignant et des élèves, notamment en raison du statut didactique du savoir et des rétroactions offertes par le milieu. Dans le contexte de la restauration de figures, la perception visuelle sur les tracés effectués peut réduire les rétroactions nécessaires à la prise de conscience de l'échec éventuel des actions menées. Dans le contexte de notre étude, il nous semble donc important d'étudier de quelle manière vont se répartir les responsabilités de l'enseignant et des élèves.

2.2.4. Conclusion sur le rôle de l'enseignant et nouvelle question de recherche

Nous venons de discuter sur les éléments à prendre en considération dans notre méthodologie à propos de la mise en œuvre des situations par l'enseignant.

Nous cherchions à répondre à la question suivante :

Comment envisager la mise en œuvre des situations par l'enseignant pour que cette dernière s'accompagne d'une validation et d'une institutionnalisation de savoirs et savoir-faire ?

Nous retenons des travaux de Perrin-Glorian (1993) le fait de considérer la dévolution et l'institutionnalisation des connaissances comme des processus qui se déroulent sur un temps long. Nous prenons aussi en considération la construction de la « mémoire de la classe ». Nous envisageons donc de penser à l'organisation

d'institutionnalisations locales et des situations de rappel de type 1 sur chacune des situations.

Au regard des savoirs et savoir-faire intégrés dans les schèmes dont nous visons l'émergence dans l'élaboration de notre ingénierie de situations, cette discussion nous conduit à compléter notre problématique d'une deuxième question de recherche :

QR2-PE : Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ?

Pour analyser l'effet des interventions de l'enseignant sur le développement des schèmes des élèves, en appui sur les travaux de Vergnaud, nous considérons la possibilité d'étudier le contenu des interventions de l'enseignant en lien avec les différentes composantes d'un schème.

Nous reprenons la suite de notre questionnement.

Notre intention est maintenant de répondre à la question suivante :

Q2.3 : Comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

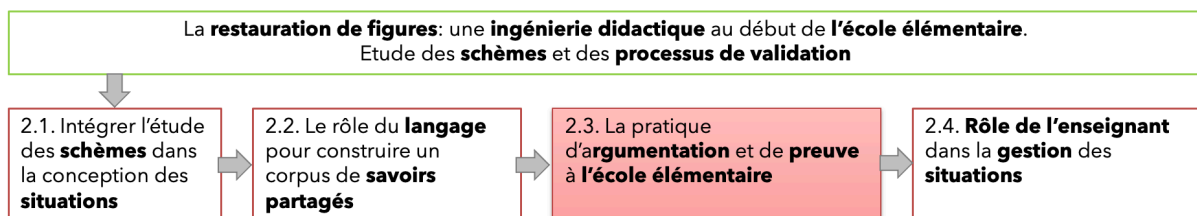


Figure 14: Suivi de notre réflexion théorique (2.3)

Nous proposons donc ici une discussion sur une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire.

Cette discussion nous permettra de préciser notre méthodologie pour élaborer une ingénierie de situations de restauration dans la perspective de mettre en relation connaître et prouver dans un processus d'apprentissage et d'amener les élèves à la pratique de l'argumentation. Elle nous permettra également de formuler une question de recherche relative aux schèmes des élèves engagés dans un processus de validation dans le contexte de la restauration de figures.

2.3. La pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire

2.3.1. De la recherche d'explications à la preuve

Nous rappelons la proposition de Mathé et al. (2020) qui, à propos des situations de validation dans le contexte de la restauration de figure, indiquent qu'il s'agit « (...) de travailler avec les élèves la construction d'explications, l'identification de raisons pour lesquelles la stratégie utilisée et formulée permet effectivement, à coup sûr, la reproduction de la figure » (p.84).

Pour mieux comprendre le sens à donner à cette proposition, nous prenons appui sur les apports de Balacheff (1987, 2011). En effet, il donne plusieurs définitions permettant de situer cette proposition dans les travaux de recherche relatifs aux questions de validation et de preuve.

Il définit tout d'abord une explication comme « un discours visant à rendre intelligible le caractère de vérité, acquis pour le locuteur, d'une proposition ou d'un résultat. Les raisons avancées peuvent être discutées, refusées ou acceptées » (Balacheff, 1987, p. 2). Nous identifions dans cette définition un lien avec les « phases de validation » qui peuvent se produire dans les « situations de formulation ». Une explication formulée par un locuteur, peut être remise en question par un interlocuteur.

Une explication peut prendre le statut de preuve lorsqu'elle « est acceptée par une communauté donnée à un moment donné. Cette décision peut être l'objet d'un débat dont la signification est l'exigence de déterminer un système de validation commun aux interlocuteurs » (Balacheff, 1987, p.2). Nous relevons ici l'importance à accorder à la notion de communauté. Nous la mettons en lien avec les institutionnalisations locales et la construction d'une mémoire partagée au sein de la classe.

Balacheff (2011) donne alors une définition de la validation qui permet d'identifier le fondement de la proposition de Mathé et al. (2020) :

La validation renvoie à la construction de raisons pour accepter un énoncé spécifique dans un cadre accepté façonné par des règles et d'autres énoncés déjà acceptés. Dans cette perspective, la validation mathématique recherche une preuve absolue dans un cadre explicite et complètement déterminé, et peut donc se permettre une prétention à la certitude comme principe fondateur (Balacheff, 2011, p.3).

Nous relevons de ces définitions qu'une explication a un caractère privé, elle se situe au niveau de l'élève, elle est constituée de la formulation de raisons dont le

caractère de vérité est acquis pour l'élève. En revanche, une preuve a un caractère public, elle se situe au niveau de la communauté de la classe. Le caractère de vérité des raisons formulées a été accepté par la classe.

Nous relevons également dans ces trois définitions plusieurs mots et expressions clés comme :

- preuve absolue, certitude, principe fondateur ;
- construction, raisons ;
- accepter un énoncé, cadre accepté façonné par des règles, communauté.

Nous commençons par approfondir le concept de preuve.

Nous nous posons la sous-question suivante :

Que peut sous-tendre l'intérêt de travailler une pratique d'argumentation et de preuve dans le cadre des apprentissages mathématiques à l'école élémentaire ?

Concernant la preuve, Hanna et Barbeau (2008) mettent en avant le fait que les preuves sont porteuses de connaissances mathématiques : « Proofs as bearers of mathematical knowledge » (Hanna et Barbeau, 2008, p. 85). Hanna (2000) soulève alors l'importance de mobiliser des preuves dans leur fonction de vérifier, d'expliquer, de communiquer pour favoriser la compréhension des mathématiques :

- verification (concerned with the truth of a statement);
- explanation (providing insight into why it is true)
- (...)
- communication (the transmission of mathematical knowledge), (Hanna, 2000, p. 8).

Balacheff (2017) indique que la problématique de l'explication est abordée dans la communauté scientifique pour faire la « distinction entre preuve qui prouve et preuve qui explique » (Balacheff, 2017, p. 6). Il ajoute que le problème sous-jacent « (...) est celui de la compréhension de la preuve et de sa capacité à répondre à la question de savoir pourquoi un énoncé est vrai au-delà de la bonne forme du discours qui garantit cette validité. C'est donc la question du lien entre preuve et connaissance » (ibid., p.6). Pour nous, cette nuance est importante, il ne s'agit pas de valider et institutionnaliser la formalisation des énoncés des connaissances, mais de chercher à savoir pourquoi un énoncé est vrai.

Balacheff (2017) précise alors que « l'explication travaille sur les objets et leurs relations, elle est le socle de la construction de l'argumentation qui sera le moyen de convaincre de la validité de la solution d'un problème » (p.9). Il signale de fait que « le niveau de preuve qui peut être atteint est borné par le niveau de connaissance disponible » (Balacheff, 2011, p.16).

Balacheff (2011) affirme donc également que « connaître et prouver sont étroitement liés » (p.11). Il soulève l'importance de modéliser des situations qui

mettent en relation connaître et prouver dans une perspective d'apprentissage. Pour lui, « de telles situations doivent réunir les conditions pour que l'argumentation, outil de résolution de problèmes, soit prise comme objet pour comprendre et apprendre ce qu'est une preuve en mathématique » (Balacheff, 2017, pp.29-30).

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons tout d'abord le lien existant entre le contenu de la proposition de Perrin-Glorian, Mathé et al. (2020) et les définitions d'explication, de preuve et de validation données par Balacheff (1987). Nous pointons alors des travaux de Hanna (2000) et Balacheff (2017) l'importance de créer un lien étroit entre expliquer, connaître, prouver, comprendre dans une ingénierie de situations. Nous pouvons mettre en relation cette proposition avec le cadre de Brousseau (1998) concernant le lien étroit à construire entre les situations d'action, de formulation et de validation. Pour cela, nous retenons alors des apports de Balacheff (2017) la possibilité de modéliser des situations pour que l'argumentation soit prise comme objet pour comprendre et apprendre ce qu'est une preuve en mathématique, et de porter attention sur les objets et leurs relations. Intégrer une pratique d'argumentation dans une ingénierie de situations peut selon nous contribuer à la construction du corps de savoirs et savoir-faire valides de la géométrie des tracés.

Nous posons donc la sous-question suivante :

Quelles situations et quelles conditions réunir pour envisager la possibilité de travailler une pratique d'argumentation au début de l'école élémentaire ?

2.3.2. Modéliser des situations qui mettent en relation connaître et prouver

Balacheff rappelle de mettre en avant dans les situations l'enjeu de « certitude comme principe fondateur » de la validation (Balacheff, 2011, p.3). Il dit de mettre en arrière-plan le fait de réussir à résoudre un problème, pour mettre en premier plan le fait « de savoir comment la validité d'une solution peut être assurée » (Balacheff, 2011, p.17). Il s'agit d'amener l'élève à résoudre un problème tout en se préparant à effectuer ensuite « un pas de côté grâce auquel l'action est considérée comme susceptible d'une réflexion voire d'un discours » (Balacheff, 1987, p.5). Nous pouvons mettre cette proposition en relation avec les apports de Brousseau (1998) et Vergnaud (2001/2). En effet, nous retrouvons un lien entre cette proposition et les événements qui peuvent survenir dans une « situation de formulation » dans laquelle le récepteur peut discuter « du point de vue de la validité du contenu (c'est-à-dire sa vérité ou son efficacité) » (Brousseau, 1998, p.36). Nous identifions également un lien avec la proposition de Vergnaud

(2001/2) qui soulève l'importance de revenir sur les raisons de la réussite ou de l'échec pour agir sur la « conscience après ».

Balacheff (1987) ajoute que, pour engager les élèves dans un processus de preuve et de validation, il est possible de mobiliser la preuve dans sa fonction de décider et définit une « situation de décision » : celle-ci demande la « mobilisation de moyens de décision, et donc de moyens de validation, sans que pour autant soit exigée la production explicite de preuves. C'est une proposition vraie et non la preuve de cette proposition qui doit être produite. » (p.8). Pour Balacheff, une « situation de décision » serait particulièrement adaptée à l'école élémentaire car la fonction de « décider » s'insère dans l'action. Il explique que « les preuves du praticien sont d'abord pragmatiques. Elles s'ancrent dans les faits, dans l'action. Elles se fondent sur des théorèmes-en-acte qui n'ont pas été prouvés mais éprouvés dans la pratique. La communication de ces preuves se fait par ostension. » (Balacheff, 1987, p.13). Dans une situation de décision, une « prise de décision est légitimée par l'affirmation de son caractère nécessaire, elle se distingue d'autres décisions possibles par son adéquation et sa validité » (ibid., p.12). Il explique alors qu'une « situation de validation » associée à une « situation de décision » se traduit alors de la manière suivante : « la mise en débat des décisions, l'injonction de garantir leur validité ou de la dénoncer, permet de transformer la situation de décision en une situation de validation. » (ibid., p.9).

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous notons des apports de Balacheff (1987) la possibilité de mobiliser comme première condition le fait de poser l'enjeu de certitude dans les situations, ainsi que la possibilité de mettre en œuvre des situations de décision pour engager les élèves dans un processus d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire. Nous comprenons en outre, puisque ce type de situation demande la mobilisation de moyens de décision et de moyens de validation, que ces moyens sont constitués des connaissances et compétences préalablement construites dans un processus d'apprentissage. L'enjeu est ici encore de construire un lien entre connaître et prouver, entre une suite de situation d'action, de formulation, de validation avec une situation de décision.

Nous retrouvons également une caractéristique de la preuve déjà soulevée par Houdement et Kuzniak (2006) : à l'école élémentaire, les preuves du praticien sont pragmatiques. Mais les apports de Balacheff (1987) nous permettent d'identifier que ces preuves pragmatiques se fondent sur des théorèmes-en-acte éprouvés dans la pratique. Pour nous, cette proposition est intéressante à étudier en raison du lien que nous pouvons percevoir entre les preuves pragmatiques et les théorèmes-en-acte contenus dans les schèmes.

Nous notons enfin que les situations de validation nécessitent l'organisation de débats. Il s'agit alors pour nous d'étudier les conditions à réunir pour favoriser une pratique d'argumentation au début de l'école élémentaire.

Nous soulevons alors la sous-question suivante :

En quoi consiste une pratique d'argumentation ?

2.3.3. Une pratique d'argumentation

Duval indique que « l'argumentation trouve ses racines dans l'exigence d'une justification. Il n'est pas possible de convaincre sans donner à comprendre » (1992-93, p.38). Il souligne qu'il est important de séparer deux opérations :

1-la production de raisons ou d'arguments.

La production de raisons correspond à une fonction très générale manifestée par les questions du type "pourquoi", aussi bien que les questions de dicto ("pourquoi affirmes-tu que...?", "pourquoi réponds-tu que...?") Les questions pourquoi de dicto demandent que l'on avance au moins un argument.

2-L'examen de l'acceptabilité des arguments produits. En effet, il ne suffit pas d'avancer des arguments, il faut encore que les arguments avancés aient une valeur par rapport à l'affirmation qu'elles appuient. Aussi est-il important d'examiner l'acceptabilité des raisons avancées ou d'en être assuré. Un argument est accepté ou rejeté par rapport à deux critères : sa pertinence et sa force (Duval, 1992-93, p. 38-39).

Duval (1992-93) ajoute à propos de la production d'un argument que « l'énoncé d'un simple fait ou d'une constatation est ... considéré comme argument » (p.40). Il explique alors qu'un argument a une valeur épistémique :

La valeur épistémique est le degré de certitude ou de conviction attaché à une proposition. Toute proposition a ainsi une valeur épistémique par le simple fait que son contenu est considéré comme relevant d'une opinion, ou d'une croyance, ou d'une supposition, ou d'une évidence commune, ou d'un fait établi, ou d'une conversion, etc. (Duval, 1991, pp.254-255).

Duval (1992-93) explique ensuite plus longuement la deuxième opération intégrée dans une argumentation, c'est-à-dire l'examen des critères selon lesquels un argument peut être accepté ou rejeté :

Un argument est accepté ou rejeté par rapport à deux critères : sa pertinence et sa force :

L'examen de la pertinence d'un argument se fait par rapport au contenu respectif de l'affirmation et de l'argument qui la justifie. Leurs contenus sémantiques doivent se recouvrir au moins en grande partie, car sinon on parle d'autre chose on change de sujet.

La force d'un argument, au contraire, dépend de deux facteurs.

D'une part du fait qu'aucun autre argument ne peut lui être opposé, qu'il résiste à un contre-argument ;

D'autre part de la valeur épistémique qu'il a au regard de celui à qui il s'adresse : il doit avoir une valeur épistémique positive (évident, nécessaire, authentique, ...) et non négative ou neutre (absurde, possible, plausible, ...)

Un argument qui résiste à des objections et qui a une valeur épistémique positive était un argument fort. Un argument fort et pertinent, emporte, généralement, la conviction et l'adhésion en faveur de l'affirmation qu'il justifie ou contre celle qu'il réfute (Duval, 1992-93, pp.38-39).

Balacheff (1987) avance une proposition qui nous permet d'insérer l'étude de la pertinence et la force d'un argument dans un processus de preuve : « l'une des finalités d'un processus de preuve peut être exprimée comme étant d'assurer l'absence de contradictions formelles ou sémantiques dans la solution d'un problème. » (p.3).

Duval (1992-93) aborde alors à son tour les caractéristiques des situations :

Ce n'est donc pas un hasard si, pour introduire cette deuxième opération de l'examen d'acceptabilité, on recourt à des situations qui ... conduisent à une confrontation d'arguments justifiant des affirmations contraires, ou des affirmations contradictoires, sur une question. Le point important alors n'est plus tant la production d'arguments que celui de leur examen, principalement sous le critère de leur résistance à la contradiction, pour déterminer laquelle des thèses en présence doit être retenue, ou modifiée avant d'être retenue (Duval, 1992-93, p.40).

Nous percevons à nouveau ici l'importance de réunir les conditions nécessaires à une pratique d'argumentation dans les situations, il ne s'agit pas uniquement d'amener les élèves à produire des arguments, mais aussi d'organiser l'examen de leur acceptabilité, de déterminer quelle proposition peut être retenue pour accepter l'argument produit.

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons des travaux de Duval (1992-93) les deux opérations à mener dans une pratique d'argumentation : produire un argument, examiner la force et la pertinence d'un argument. Nous complétons avec les travaux de Duval (1992-93) et de Balacheff (1987) et notons que la force d'un argument repose sur sa résistance à toutes contradictions. Cette idée est en lien avec l'enjeu de certitude à poser dans les situations pour engager les élèves dans un processus de preuve (Balacheff, 1987). Toujours concernant la force d'un argument, nous identifions des travaux de Duval (1992-93) la notion de valeur épistémique positive, et la possibilité de mettre en relation son caractère d'évidence avec une preuve pragmatique. Cette dernière se situant dans l'action, elle repose tout d'abord sur un argument qui peut être tout d'abord observé dans les faits, et donc avoir un caractère d'évidence, comme dans une situation de décision telle que nous l'a définie Balacheff (1987). Toujours en appui sur Duval (1992-93), nous pointons l'importance à accorder ensuite à l'explicitation de propositions, des critères sur lesquels faire reposer l'acceptation d'un argument.

Nous soulevons alors la sous-question suivante :

Comment mettre en relation les arguments produits avec les savoirs et savoir-faire ?

2.3.4 L'objet-argument comme type logique d'invariants opératoires

Balacheff (1987) soulève à nouveau le lien à construire entre connaître et prouver : il dit que « les raisons de l'identification ou de l'absence d'identification d'une contradiction sont à chercher dans la nature même des connaissances mobilisées par les élèves » (p.3). Lorsque la prise de conscience d'une contradiction survient, « le premier progrès décisif sera de poser le problème des conditions de validité de l'action ou de son adéquation. C'est cet événement qui initiera la genèse du théorème-en-acte en engageant la construction du prédicat associé à l'action » (Balacheff, 1987, p.18). Balacheff (1987) retient alors les conditions suivantes comme nécessaires à la prise de conscience d'une contradiction : « (i): existence d'un attendu; (ii): possibilité de construire l'affirmation associée à cet attendu et sa négation [et il dit:] il en découle que la contradiction est associée à un processus d'évaluation, explicite ou non, délibéré ou non, de décision. » (ibid., p.5). Il ajoute : « pour que l'élève soit capable de ces anticipations, il est nécessaire que ses connaissances constituent un modèle de la réalité afin de lui permettre un contrôle a priori de la situation-problème dans laquelle il se trouve. » (ibid., p.5).

Ses propos ne sont pas sans rappeler à nouveau ceux de Vergnaud (2001/2) : la nécessité d'agir sur la « conscience après » et le retour sur les raisons de réussite ou de l'échec de Vergnaud (2001/1), ainsi que ceux de Brousseau (1998) concernant les caractéristiques d'une « phase de validation ».

Nous retenons ensuite dans ses propos que le critère d'acceptation d'un argument peut reposer sur le fait de poser le problème des conditions de validité de l'action ou de son adéquation. Nous identifions alors un point important : la possibilité de créer un lien entre la prise de conscience de contradictions et la genèse des théorèmes-en-acte contenus dans les schèmes.

Vergnaud (1991) confirme que « c'est dans les schèmes qu'il faut rechercher les connaissances-en-acte du sujet, c'est-à-dire les éléments cognitifs qui permettent à l'action du sujet d'être opératoire » (p.136). Il ajoute que « le fonctionnement cognitif de l'élève comporte des opérations qui s'automatisent progressivement et des décisions conscientes qui permettent de tenir compte des valeurs particulières des variables des situations » (ibid., p.137). Vergnaud souligne alors qu'un « schème n'est pas un stéréotype mais une fonction temporalisée à arguments, qui

permet de générer des suites différentes d'actions et de prises d'informations en fonction des valeurs des variables de situation » (ibid., p.142).

Il explique alors qu'il « désigne par les expressions « concept-en-acte » et « théorème-en-acte », les connaissances contenues dans les schèmes [et ajoute qu'on] ... peut aussi les désigner par l'expression plus globale d'invariants opératoires » (Vergnaud, 1991, p.139). Il poursuit en indiquant qu'il existe trois types logiques d'invariants opératoires. Il existe tout d'abord des invariants de type « propositions » : « ils sont susceptibles d'être vrais ou faux, les théorèmes-en-acte sont de ce type » (ibid., p.142). Il existe également « des invariants de type "fonction propositionnelle" : ils ne sont pas susceptibles d'être vrais ou faux, mais ils constituent des briques indispensables à la construction des propositions » (ibid., p.143). Les concepts-en-acte sont de ce type. Il précise à leur propos que « concepts-en-acte et théorèmes-en-acte se construisent en étroite interaction » (ibid., p.143). Il explique alors qu'il existe « des invariants de type "arguments" : qui dit fonction propositionnelle et proposition dit argument » (ibid., p.144) et ajoute que ces arguments peuvent être, en mathématique, des objets matériels, des relations, ...

Vergnaud (1991) souligne le lien entre les trois types d'invariants opératoires : une proposition « résulte de l'instanciation des arguments de la fonction propositionnelle » (p.144)

Il ajoute : « on ne sait parler des invariants opératoires intégrés dans les schèmes qu'à l'aide des catégories de la connaissance explicite : proposition, fonction propositionnelle, objets-arguments » (Vergnaud, 1991, p.145). Pour lui :

Ces distinctions sont indispensables pour la didactique parce que la transformation des concepts-outils en concepts-objets est un processus décisif dans la conceptualisation du réel. Cette transformation signifie entre autres choses que les fonctions propositionnelles peuvent devenir des arguments. La nominalisation est une opération linguistique essentielle dans cette transformation (Vergnaud, 1991, p.144).

En lien avec les propos de Duval sur l'argumentation, Vergnaud (1991) souligne que : « dans la science, concepts et théorèmes sont explicites et l'on peut discuter de leur pertinence et de leur vérité » (p.144).

Nous identifions donc ici la possibilité de faire reposer l'argumentation des élèves sur la pertinence et la vérité des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte. Pour nous, intégrer une pratique d'argumentation en adoptant ce critère peut permettre de développer conjointement la conceptualisation en géométrie et les schèmes d'utilisation des instruments.

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons des travaux de Vergnaud (1991) la possibilité d'étudier les connaissances intégrées dans les schèmes pour mettre en relation la production d'arguments avec des connaissances, ainsi que la possibilité de discuter de la pertinence et de la vérité des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte. Nous envisageons donc, pour la conception de notre ingénierie, de faire produire et accepter par les élèves des arguments fondés sur ces derniers. Pour cela, nous prenons appui sur Balacheff (1987) pour souligner que la prise de conscience de contradictions peut être un levier à utiliser pour initier la genèse des théorèmes-en-acte et engager la construction du prédicat associé à l'action. Nous envisageons donc de créer les conditions nécessaires à la mise en œuvre de contradictions dans le déroulement des situations pour favoriser ainsi une pratique d'argumentation.

2.3.5 Conclusion

Nous venons donc d'étudier les conditions à retenir pour amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve.

Nous avons retenu le lien existant entre les apports de Hanna (2000) et Balacheff (2016) sur l'importance de créer un lien étroit entre connaître, prouver, comprendre et le lien étroit à construire entre une suite de situations d'action, de formulation et de validation. Nous avons également pris appui sur les travaux de Balacheff (1987) et noté la possibilité de poser « l'enjeu de certitude » dans les situations pour engager les élèves dans un processus de preuve. Nous avons retenu sa proposition de mettre en arrière-plan la réussite du problème, pour mettre en avant-plan le fait de « savoir comment la validité d'une solution peut être assurée ». Nous considérons sa proposition de définition d'une « situation de décision » pour initier des élèves de l'école élémentaire à la pratique de la preuve. Nous envisageons donc, pour notre méthodologie, de poser « l'enjeu de certitude » dans nos situations et d'engager les élèves à chercher comment être sûr de la validité des actions instrumentées qu'ils réalisent pour restaurer une figure. Nous souhaitons également élaborer une « situation de décision » en dialectique avec une suite de situations d'action, de formulation et de validation. Ainsi, les élèves pourront, comme l'indique Balacheff, mobiliser les « moyens de décisions » et les « moyens de validation » qui auront été construits lors de la mise en œuvre des situations. Notre intention est donc de mettre en relation connaître et prouver dans la suite de situations que nous allons élaborer.

Nous notons, dans les travaux de Balacheff (1987), qu'une autre finalité d'un processus de preuve est de « s'assurer de l'absence de contradiction ». Par ailleurs,

nous retenons des apports de Duval (1992-93) que les « arguments » qui vont être produits par les élèves sont à examiner selon leur « force et leur pertinence » pour être « acceptés ».

Au regard de la potentialité mise en avant par Brousseau (1998), Balacheff (1987), Vergnaud (2001/2) par la mise en œuvre de contradictions, nous envisageons donc, pour notre méthodologie, de faire organiser par l'enseignant une mise à l'épreuve des actions instrumentées proposées par les élèves. Cela nous semble cohérent avec le fait de poser l'enjeu de certitude dans les situations et d'engager les élèves à chercher à savoir comment la validité d'une action instrumentée peut être assurée.

Nous notons enfin, en appui sur les travaux de Balacheff (1987), que la prise de conscience d'une contradiction peut permettre d'initier la genèse des « théorèmes-en-acte » et des prédicats engagés dans l'action. Nous avons mis en relation ses apports avec ceux de Vergnaud (1991). Nous retenons en effet la présence, dans les invariants opératoires contenus dans les schèmes, des « invariants opératoires de type arguments ». Toujours à propos des invariants opératoires, nous soulignons qu'il est possible de « discuter de la pertinence et de la vérité des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte ».

Nous envisageons donc, pour notre méthodologie, de fonder le contenu des « arguments » et leur « acceptation » sur le contrôle des « conditions des règles d'action » associées aux « théorèmes-en-acte » implicitement mobilisés. Notre intention est cette fois-ci de chercher à mettre en relation connaître et prouver relativement aux savoirs et savoir-faire à construire. Pour nous, favoriser la « prise de conscience de contradictions » dans les actions réalisées peut être un moyen possible de travailler avec les élèves la construction « d'explications et l'identification de raisons pour lesquelles certaines actions instrumentées permettent effectivement, à coup sûr, la reproduction de la figure », comme le suggèrent Perrin-Glorian, Mathé et al. (2020, p.84).

Au regard des caractéristiques des situations retenues pour amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve, nous poursuivons sur l'étude du rôle de l'enseignant dans la gestion de ce type de situations.

Nous soulevons alors les questions suivantes :

Q2-4 : Comment envisager la mise en œuvre par l'enseignant de situations appelant une pratique d'argumentation et de preuve ?

Qu'en est-il du contexte institutionnel à propos d'une pratique d'argumentation au début de l'école élémentaire ?

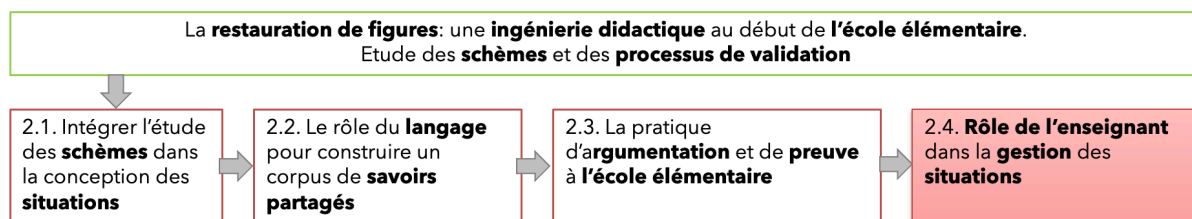


Figure 15: Suivi de notre réflexion théorique (2.4)

2.4 Rôle de l'enseignant dans la gestion de situations appelant une pratique d'argumentation et de preuve

Nous proposons ici une discussion autour du rôle de l'enseignant dans la gestion des discussions des élèves dans des situations appelant une pratique de d'argumentation et de preuve et des besoins en termes de ressources et de formation.

Nous posons la question suivante :

Comment envisager la mise en œuvre par l'enseignant de situations appelant une pratique d'argumentation ?

Au regard des différents partages de responsabilité de l'enseignant soulevés dans l'étude des processus de dévolution et d'institutionnalisation, nous posons tout d'abord la question de la gestion de l'institutionnalisation des savoirs dans l'étude des pratiques enseignantes.

2.4.1 L'étude des pratiques enseignantes relatives à la gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation

Plusieurs recherches (e.g. (Butlen, Masselot et al. 2007; Coulange, 2012; Stylianides, 2007) montrent que l'institutionnalisation des connaissances est complexe à mener par les enseignants. Butlen, Masselot et al. (2007) ont identifié, dans leurs recherches relatives aux pratiques enseignantes, que certains enseignants privilégient « le plus souvent les corrections sous forme de cours dialogué débouchant sur une institutionnalisation, mais ceci se fait au détriment de l'explicitation et de la synthèse des productions des élèves » (p.60). Ils constatent ainsi que certains enseignants ne font « pas vraiment d'institutionnalisation

explicite. Après la mise en commun des productions, [ils] ne [reformulent] pas vraiment ce qui est important et qui vient d'être élaboré, parfois difficilement, avec les élèves ». (ibid., p.61). Ils identifient également « peu de décontextualisations » (ibid., p.61).

Ainsi, Butlen, Masselot et al. (2007), ainsi que Butlen et Robert (2012) montrent l'existence d'une tension dans la gestion du couple dévolution-institutionnalisation. Ils constatent que les postures adoptées pour la dévolution et l'institutionnalisation sont très différentes. Si les enseignants réussissent plutôt bien le processus de dévolution, ils mettent en évidence « une résistance des pratiques des professeurs des écoles à l'institutionnalisation » (Butlen et Robert, 2012, p. 15) . Ils identifient chez les enseignants des difficultés à changer de posture, à reprendre la main pour expliciter les connaissances effectivement mobilisées par les élèves et institutionnaliser les savoirs visés.

Allard (2018) soulève, quant à elle, à propos des pratiques enseignantes, que le fait de « produire des expositions de connaissances, inscrire un processus d'institutionnalisation dans une dynamique prenant en compte toutes les contraintes du métier est une activité de l'enseignant très complexe qui se construit sur un temps long » (Allard, 2018, p. 206).

Notre objet d'étude porte sur l'étude des schèmes des élèves et des processus de validation, il ne porte pas sur les pratiques enseignantes. Toutefois, nous retenons des travaux de Butlen et Robert (2012) sur les pratiques enseignantes, les tensions connues dans le couple dévolution-institutionnalisation.

Par conséquent, nous porterons attention à la gestion du processus d'institutionnalisation des savoirs et savoir-faire par l'enseignant. En effet, l'institutionnalisation d'un corpus de savoirs et savoir-faire partagés contribue à la construction d'une mémoire partagée au sein de la classe. Et cette mémoire partagée va en retour contribuer au processus de validation.

2.4.2 Des compétences spécifiques pour favoriser le débat entre les élèves

Nous poursuivons avec l'étude des pratiques enseignantes, cette fois ci dans la gestion de situations appelant des processus d'argumentation et de preuve.

Mariotti et al. (2018) confirment, après avoir fait une synthèse des travaux internationaux menés sur la pratique de la preuve à l'école élémentaire, la nécessité de porter attention au rôle de l'enseignant dans les travaux de recherche, car l'argumentation et la preuve sont liées à des compétences spécifiques :

This shift of focus raises different issues concerning argumentation and proof, and concerning the identification of specific teacher competencies requested for playing this role.

Argumentation and proof are related to specific competences that must be differentially articulated in different mathematical domains, and also related to disciplines other than mathematics (Mariotti et al., 2018, p. 86).

Maher et Martino (1996) suggèrent une évolution des aides apportées par les enseignants aux élèves pour favoriser les discussions des élèves dans les classes : « (c) teacher restraint from telling students what to do and (d) teaching guided by student thinking » (p.196). Elles ajoutent:

The role of the teacher shifts from conveyer of information to one of moderator and observer of children's thinking. As teachers monitor the teaching of their students, they are better able to pose timely questions that encourage students to build deeper mathematical understanding and assess the progress of their reasoning (Maher et Martino, 1996, p. 197)

Ouvrier-Bufferet (2018) soulève que cette évolution est complexe. Elle indique, après avoir étudié les travaux relatifs à l'étude de la preuve à l'école élémentaire en didactique des mathématiques, que ces derniers mettent toujours en avant le rôle de l'enseignant et la complexité de gérer des situations mettant en jeu des processus de preuve. Elle ajoute à propos du rôle de l'enseignant :

Il doit valider ce qui est acceptable, analyser les arguments des élèves (les élèves se préoccupent davantage de convaincre les autres, ils ne sont pas forcément sur la validité mathématique), identifier la structure de la preuve, inciter, modérer, institutionnaliser, etc. (Ouvrier-Bufferet, 2018, p. 392).

Stylianides (2016, p.158) apporte alors des éléments à propos des compétences des enseignants. Il a analysé les actions de plusieurs enseignants dans la mise en œuvre de situations appelant la pratique de la preuve. Il explique alors avoir caractérisé les compétences des enseignants observés en trois catégories.

La première catégorie qu'il présente concerne la proposition de situations intégrant des processus de preuve. Il souligne l'importance de laisser les élèves explorer le problème avant de soulever explicitement la question de la preuve:

« the first category of teacher actions related to setting up the proving tasks, and it often involved the teachers engaging their students in an initial exploration of a mathematical situation before raising explicitly the issue of proof » (Stylianides, 2016, p.158). Il ajoute que dans les pratiques qu'il a observées, « the initial exploration helped motivate the need for a proof, which was mainly used as a means to justify or refute a conjecture » (ibid., p.158). Il dit que « this way of infusing the issue of proof into students' mathematical activity is consistent with the perspective of proving as a vehicle to mathematical sense-making » (ibid., p.159). Il ajoute que ces actions sont cohérentes avec les apports de la littérature scientifique sur la pratique de la preuve à l'école élémentaire, et cite par exemple les travaux de Hanna (1990). Il ajoute que « the shared understanding of

expectations regarding proof and its role in the mathematical work of a class may be attributed to the “sociomathematical norm” in the class (Yackel et Cobb, 1996) » (Stylianides, 2016, p.159).

La deuxième catégorie qu’il présente concerne la gestion des propositions de solutions des élèves au problème posé. Il souligne également que cette gestion est complexe pour les enseignants, ces derniers doivent : « encouraging students to listen and respond to each other’s ideas, identifying also any key points of disagreement in their contributions and turning some of them into the subject of productive discussions » (Stylianides, 2016, p.159). Ils doivent aussi : « filtering students’ ideas and highlighting for attention, ... or selecting for discussion, those ideas that are mathematically important and particularly relevant to the task at hand » (ibid., p.159).

La troisième catégorie qu’il présente concerne les actions menées par les enseignants pour aider les élèves à surmonter les obstacles dans leur activité de preuve : « it involved a range of proving-specific interventions that the teachers undertook to scaffold students’ work ... and to connect students with conventional mathematical knowledge that they might not have been able to access otherwise » (Stylianides, 2016, p. 159)

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons des conclusions de Mariotti et al. (2018) et Ouvrier-Bufferet (2018) que la gestion de situations appelant une pratique d’argumentation est très complexe pour les enseignants. Nous prenons appui sur les travaux de Stylianides (2016) pour indiquer les différentes compétences que doit mobiliser l’enseignant dans des situations d’argumentation et de preuve (laisser explorer le problème avant de soulever explicitement la question de la preuve, gérer les propositions de solutions des élèves, les encourager, filtrer les idées, identifier des points de désaccord, expliciter les connaissances).

Nous soulignons également, en appui sur les recherches de Butlen et Robert (2012) et de Stylianides (2016), la complexe gestion par l’enseignant du processus d’institutionnalisation.

Nous identifions donc, pour notre méthodologie, l’importance de prendre en considération ces compétences dans l’élaboration du scénario à proposer pour que la mise en œuvre des situations par l’enseignant favorise une pratique d’argumentation chez les élèves.

Nous posons alors la question suivante :

Quels scénarios sont proposés aux enseignants pour favoriser la gestion des discussions et débats entre les élèves ?

2.4.3 Des besoins en termes de ressources et de formation

Mariotti et al. (2018) signalent que peu de recherches ont été menées pour esquisser des éléments sur lesquels fonder la formation des enseignants :

Not much has been done to characterize these competences and consequently to outline possible elements on which teacher education can be based. All this calls for new research. ..., not many studies have been carried out concerning teacher education on argumentation and proof (Mariotti et al., 2018, p.86).

Balacheff (2011) dit qu'il s'agit déjà de « comprendre les caractéristiques de ces situations et de proposer un modèle pour les concevoir et peut être, de façon plus urgente encore, pour apporter des réponses aux questions que les enseignants posent dans ce domaine » (p.17).

Charnay (1999) soulève quant à lui que pour favoriser les débats, il est nécessaire de définir avec précision les « aménagements spécifiques apportés aux situations, [ainsi que] la position adoptée par l'enseignant » (p.25). Pour lui,

Les propositions de dispositifs d'enseignement souffrent souvent de la faiblesse des indications fournies sur ce point. Le terme de mise en commun est fréquemment utilisé pour indiquer qu'une phase d'échanges est mise en place, sans beaucoup d'autres précisions. Sur quoi va-t-on échanger ? Dans quel ordre examiner les productions ? A partir de quel questionnement ? Avec quel enjeu ? ... Quelle est la fonction de l'enseignant ? Autant de questions dont les réponses sont laissées à l'initiative de l'enseignant (Charnay, 1999, p. 25).

Il souligne alors « qu'il n'est pas étonnant que « le débat ait du mal à être maintenu sur le terrain cognitif et sous la responsabilité des élèves, que les enseignants aient des difficultés pour maintenir une neutralité suffisante et se poser en organisateurs des débats (...) ces phases de débat doivent donc être pensées a priori et donner lieu à un scénario décrit avec suffisamment de précisions, d'autant plus que ces phases sont des moments à risques » (Charnay, 1999, p.25). Charnay appuie ses propos sur une recherche menée par Arsac et Mante (1988-89) :

Ils notent la difficulté pour l'enseignant de respecter le scénario prévu, les "dérapages" constatés pouvant en particulier être interprétés en relation avec les conceptions de l'enseignant sur le sujet mathématique traité, avec l'image qu'il a de son rôle en classe, avec la

représentation qu'il s'est construite de l'enjeu de la situation et bien entendu avec des contraintes de temps inhérentes à toute situation d'enseignement (Charnay, 1999, p.25-26).

Ouvrier-Bufferet (2018) rejoint ces propos en ajoutant :

L'enseignant doit aussi prendre de la distance par rapport à sa propre conception des mathématiques et à l'image de la rigueur en mathématiques. Pour les élèves, le « pourquoi » n'est pas forcément fondamental comme pour le mathématicien et la question de la vérité et de la validité peut être éloignée de ce que l'enseignant attend (Ouvrier-Bufferet, 2018, p.392).

Ce que nous retenons de cette discussion :

Mariotti et al. (2018) insistent sur l'importance de mener de nouvelles recherches visant à analyser le rôle de l'enseignant dans la gestion de situations appelant une pratique d'argumentation et de preuve pour esquisser des contenus de formation des enseignants. Concernant le scénario à proposer aux enseignants, nous retenons de Charnay (1999) l'importance de l'élaborer avec suffisamment de précisions pour que l'enseignant reste dans son rôle d'organisateur de la discussion pour que les enjeux de savoirs visés restent sous la responsabilité des élèves. Nous pointons enfin un point de vigilance soulevé par Charnay (1999) et Ouvrier-Bufferet (2018) : les conceptions des enseignants sur le sujet mathématique traité. Au-delà de la complexité de gestion des discussions des élèves, la gestion de l'acceptation des arguments des élèves peut reposer sur des critères qui peuvent être influencés par des conceptions des enseignants.

Mariotti et al. (2018) soulignent que les besoins de formation sont réels et que de nouvelles recherches sont à mener pour analyser le rôle de l'enseignant dans la gestion de situations de preuve. Nous envisageons donc, pour notre méthodologie, de chercher à élaborer une proposition de scénario relatif à une pratique d'argumentation à destination des enseignants.

Nous soulevons alors la question suivante :

Comment aménager une situation et décrire un scénario avec suffisamment de précision comme l'indique Charnay, pour aider l'enseignant à travailler la pratique de l'argumentation avec ses élèves à l'école élémentaire ?

2.4.4 Une proposition de travail de l'argumentation

Plantin explique que pour lui, « argumenter, c'est adresser à un interlocuteur un argument, c'est à dire une bonne raison, pour lui faire admettre une conclusion et l'inciter à adopter les comportements adéquats » (Plantin, 1996, p. 24). Il dit qu'un énoncé a valeur de raison, voire de vérité, dès lors qu'un individu l'accepte (Plantin, 1990).

Plantin (1996) indique alors proposer « une définition de travail de l'argumentation, fondée sur la notion de dialogue argumentatif, non normatif » (p.20). Sa proposition repose sur la définition de quatre stades. Le premier stade correspond à la proposition d'un locuteur. Le deuxième stade correspond à l'opposition d'un interlocuteur. Le troisième stade correspond à une question. Plantin explicite ce troisième stade de la façon suivante : « s'étant ainsi heurtée à une opposition, la proposition est problématisée, mise en question, et il s'engage sur le thème du débat » (ibid., p.21). Le quatrième stade correspond aux arguments. Plantin explique que le proposant peut se défendre « en s'appuyant sur des faits susceptibles de lui donner raison » (ibid., p.21). Il ajoute alors que les faits proposés doivent être « des énoncés pertinents », soutenus par une « loi de passage adéquate », pour prendre le statut d'argument (ibid., p.21).

Ce que nous retenons de cette discussion :

Nous retenons alors la « définition de travail du dialogue argumentatif » proposée par Plantin (1996). Nous identifions, dans les « quatre stades du dialogue argumentatif » qu'il définit, un moyen possible de structurer un scénario pour l'enseignant. Ce scénario serait relatif à la mise à l'épreuve des actions instrumentées, la mise en œuvre de « contradictions » et la gestion de « l'acceptation des arguments » produits par les élèves. Nous identifions alors la possibilité d'intégrer dans chacun de ces stades les outils théoriques que nous avons retenus. Nous précisons davantage notre pensée dans la conclusion présentée en 2.4.6.

Avant de nous engager dans la conception d'un tel scénario, **nous posons la question suivante :**

Une pratique d'argumentation et de preuve a-t-elle sa place à l'école élémentaire, voire au début de l'école élémentaire ?

2.4.5 La pratique de la preuve et de l'argumentation dans les programmes actuels de l'école élémentaire en France

Balacheff (2017) dit que « la lecture des programmes montre que la problématique de la validation, fondatrice de la culture scientifique et citoyenne, traverse toute la scolarité obligatoire et occupe une place particulière dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques » (Balacheff, 2017b, p. 4). Il indique que le rapport remis au gouvernement français en février 2018 affirme clairement la place de la preuve dans les apprentissages mathématiques. Il cite : « la notion de preuve est au cœur de l'activité mathématique, quel que soit le niveau (de façon adaptée, cette assertion est valable de la maternelle à

l'université); (Villani et Torossian, 2018, p. 25) » (ibid., p.4). Il ajoute : « la traduction de cette affirmation dans les programmes et leurs commentaires recourt à une variété de termes (argumenter, prouver, justifier, démontrer) dont la signification n'est pas stable. » (ibid., p.4).

Concernant, par exemple, les programmes actuels du cycle 2 en France, les extraits suivants peuvent être relevés :

Dans le Volet 1 : les spécificités du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2)

Au cycle 2, on apprend à justifier de façon rationnelle. Les élèves, dans le contexte d'une activité, savent la réaliser mais aussi expliquer pourquoi et comment ils l'ont réalisée. Ils apprennent à justifier leurs réponses et leurs démarches. Ceci permet aux élèves de mettre en doute, de critiquer ce qu'ils ont fait, mais aussi d'apprécier ce qui a été fait par eux-mêmes ou par autrui (MENESR, 2018, p. 2).

Dans le volet 2 - Contributions essentielles des différents enseignements au socle commun :

Domaine 3 - Formation de la personne et du citoyen :

Débattre, argumenter rationnellement, émettre des conjectures et des réfutations simples, s'interroger sur les objets de la connaissance, commencer à résoudre des problèmes notamment en mathématiques en formulant et en justifiant ses choix développent le jugement et la confiance en soi (ibid., p.5)

Domaine 4 - les domaines naturels et les systèmes techniques :

Différentes formes de raisonnement commencent à être mobilisées (par analogie, par déduction logique, par inférence, etc.) en fonction des besoins. Étayé par le professeur, l'élève s'essaie à expérimenter, présenter la démarche suivie, expliquer, démontrer, exploiter et communiquer les résultats de mesures ou de recherches, la réponse au problème posé en utilisant un langage précis. Le discours produit est argumenté et prend appui sur des observations et des recherches et non sur des croyances (Ibid., p.6).

Volet 3 - les enseignements :

Au cycle 2, la résolution de problèmes est au centre de l'activité mathématique des élèves, développant leurs capacités à chercher, raisonner et communiquer. Les problèmes permettent d'aborder de nouvelles notions, de consolider des acquisitions, de provoquer des questionnements (Ibid., p.22).

Balacheff (2019b) soulève alors qu'une « telle ambition requiert (...) de préciser ce que peuvent être les types de preuve qui pourraient être pratiqués par les élèves et les enseignants et enseignantes aux niveaux élémentaires » (Balacheff, 2019b, p. 3).

<p>Nous retenons donc que dans le contexte actuel, une des demandes institutionnelles explicite est d'enseigner une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire.</p>

2.4.6 Conclusion et précision de notre problématique

L'objet de cette section était de discuter autour de la gestion par l'enseignant des discussions des élèves dans des situations appelant une pratique de l'argumentation et de la preuve et des besoins en termes de ressources et de formation.

Nous avons posé la question suivante :

Comment envisager la gestion par l'enseignant de situations appelant une pratique d'argumentation ?

Nous avons tout d'abord noté que la gestion des débats est complexe pour l'enseignant et nécessite des compétences spécifiques (e.g. Stylianides, 2016 ; Ouvrier-Buffet, 2018). Nous avons relevé que du côté institutionnel, la pratique de la preuve et de l'argumentation fait explicitement partie des programmes de l'école élémentaire. Pour autant, nous retenons des articles de Charnay (1999), Mariotti et al. (2018), le manque de ressources à ce sujet et le besoin de formation des enseignants.

Nous envisageons, pour notre méthodologie, d'élaborer un scénario à destination de l'enseignant pour initier les élèves à argumenter sur les conditions de réalisation d'une action instrumentée, dans le cadre de situations de restauration de figures qui se prêtent à des pratiques argumentatives. Pour cela, nous choisissons la définition de travail de l'argumentation proposée par Plantin (1996) pour définir un scénario à proposer à l'enseignant. Ce scénario pourrait être utilisé lors de la gestion des propositions des élèves et la gestion du débat quant à leur validité. Nous identifions en effet la possibilité d'intégrer dans le « deuxième stade : une opposition », la gestion par l'enseignant d'éventuelles oppositions, par la mise en œuvre de « contradictions » contenues dans la proposition d'une action instrumentée d'un élève. Nous identifions également la possibilité d'intégrer dans le « troisième stade : une question », des questions en « pourquoi » comme l'indique Duval (1992-93). Nous identifions enfin la possibilité d'explicitier dans le « quatrième stade : des arguments », des critères pour que la loi de passage soit fondée sur le contrôle de la pertinence des concepts-en-acte et la valeur de vérité des théorèmes-en-acte. Pour nous, cela peut être un moyen pour construire les raisons sur lesquelles reposent l'adéquation des actions instrumentées réalisées par les élèves pour restaurer une figure.

Par ailleurs, nous identifions l'intérêt de la définition des « quatre stades d'un discours argumentatif » proposée par Plantin (1996) pour notre méthodologie d'analyse des schèmes des élèves et des interventions de l'enseignant sur les schèmes des élèves. Nous pouvons structurer et caractériser des critères d'analyse du contenu des interventions des élèves ou de l'enseignant sur chacun de ces

stades. Ces critères reposeraient sur les outils théoriques retenus (contenu des composantes des schèmes (Vergnaud, 1991), les types de langage (Petitfour, 2015).

Cette discussion à propos d'une pratique d'argumentation à l'école élémentaire nous conduit à compléter nos questions de recherche concernant l'étude des schèmes des élèves :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

PARTIE II : METHODOLOGIE

Pour répondre à nos questions de recherche, notre méthodologie va reposer sur la réalisation expérimentale d'une séquence en classe ordinaire dans le cadre de l'ingénierie didactique de Brousseau (2013) :

L'ingénierie didactique s'occupe de créer des modèles consistants et pertinents de dispositifs d'enseignement d'une connaissance précise, destiné à décrire ou à prévoir, et à expliquer les événements observables d'un épisode d'enseignement déterminé (situations ou curriculum) observé ou envisagé :

- observé, afin de recueillir les informations qui permettront d'en rendre compte, d'expliquer à posteriori son déroulement et ses résultats, et de permettre sa reproduction ;
- envisagé, afin de déterminer les conditions reproductibles (réalisables et communicables) de son déroulement et de ses résultats observables.

L'étude de la consistance et de la pertinence de ces modèles renvoie à un examen critique de tous les concepts relatifs à l'enseignement, à l'apprentissage et à la constitution même de la matière enseignée (Brousseau, 2013, p. 4)

Dans un premier temps (chapitre 3), nous allons présenter les choix théoriques sur lesquels se fondent nos méthodes de conception. Il s'agit de penser la conception d'une « ingénierie des situations mathématiques » et la conception d'une « ingénierie de la conduite didactique des situations mathématiques ». Dans un second temps (chapitre 4), nous allons présenter les choix théoriques sur lesquels se fondent nos méthodes d'analyses.

Pour cela, nous prenons appui sur les définitions de Brousseau (2013) :

Ingénierie des situations mathématiques :

Chaque concept mathématique a de très nombreuses raisons mathématiques d'« être » : en tant que définition, comme conditions nécessaires ou comme conditions suffisantes, dans différentes organisations ou différentes axiomatiques mathématiques, etc. Et leurs raisons d'être, dans des usages hors des mathématiques formelles peuvent être sollicitées comme moyens rhétoriques. L'étude des différentes (et parfois innombrables) façons de rendre une connaissance mathématique « nécessaire » ou favorable à l'accomplissement d'un projet mathématique ou non conduit à la conception de situations adaptées à certaines « capacités » des acteurs. (Brousseau, 2013, p.7)

Ingénierie de la conduite didactique des situations mathématiques :

Avant pendant et après la leçon : projets, consignes, dévolution, appui au déroulement des situations mathématiques, institutionnalisation (l'évaluation des situations, des résultats...des comportements des élèves, ...) exercices problèmes etc. Inventaire des réactions aux erreurs et aux échecs des protagonistes. (Brousseau, 2013, p.8)

Ingénierie de l'observation des épisodes et des situations d'enseignement (ordinaires ou expérimentales) des questions posées par la recherche :

Détermination sémiologique des séquences, détermination de la contingence (données « cueillies ») organisation d'expériences en didactique des mathématiques en fonction d'hypothèses ou de conditions données. Modélisation d'épisodes. Ingénierie des analyses spécifiques : statistiques, linguistiques, cliniques etc. (Brousseau, 2013, p.8)

Chapitre 3 : Fondement des méthodes de conception d'une ingénierie de situations et d'une ingénierie de conduite de ces situations

3.1 Élaboration des problèmes de restauration

Nous avons élaboré une ingénierie pour traiter les questions de recherche suivantes :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR2 : Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ?

Cette ingénierie a pour but de favoriser l'émergence chez les élèves de schèmes fonctionnels pour restaurer une figure, mais aussi de schèmes fonctionnels pour argumenter et valider les actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure.

Nous commençons par présenter les outils théoriques que nous avons utilisés pour attribuer des valeurs aux variables didactiques de nos problèmes de restauration. Nous précisons alors les objectifs d'apprentissage visés. Nous présentons brièvement les différentes situations que nous avons élaborées afin de favoriser la compréhension des choix théoriques qui vont suivre. Nous définissons ensuite le rôle de l'enseignant dans la gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation des connaissances et compétences visées. Nous définissons également le rôle de l'enseignant dans le processus de validation des productions

des élèves lors de ses échanges avec les élèves ou lors des échanges entre les élèves. Nous poursuivons avec la présentation des outils théoriques mobilisés pour élaborer une dialectique de situations susceptible de permettre la mise en relation de connaître et prouver dans une perspective d'apprentissage. Nous définissons enfin les schèmes que nous cherchons à faire émerger chez les élèves. Nous avons noté que les problèmes de restauration de figures sont susceptibles « de servir de base à l'enseignement de l'essentiel des savoirs de la géométrie élémentaire. La reproduction instrumentée suppose en effet de dépasser la perception spontanée des figures et de s'engager dans des manipulations porteuses de conceptualisation géométrique ». (Perrin-Glorian, Mathé et al. 2020, p.79). Nous avons également retenu que ce type de problème est un moyen d'agir sur le développement de la « visualisation géométrique » préconisé par Duval (2005, 2015). Notre intention est donc ici d'identifier comment élaborer des problèmes qui permettent de développer conjointement « conceptualisation en géométrie », « visualisation géométrique » et « usage géométrique des instruments » au début de l'école élémentaire.

Dans ce qui suit, afin d'identifier comment opérer sur les valeurs des variables didactiques des problèmes de restauration, nous commençons par étudier la notion de variable didactique définie par Brousseau (1982 ;1983). Nous présentons alors les valeurs que nous avons données aux variables didactiques de nos problèmes en plusieurs étapes. Nos choix prennent tout d'abord en considération la nécessité de développer la « visualisation géométrique » sur une figure. Ils résultent ensuite d'une étude concernant la relation existant entre les différentes représentations graphiques du concept de point et l'évolution des actions instrumentées réalisées par les élèves.

3.1.1 Utiliser la notion de variable didactique

Nous utilisons la définition d'un problème de restauration de figures donnée par Perrin et Godin (2014). Cette définition s'appuie sur le cadre de la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) : une figure modèle ainsi qu'une partie de la figure à obtenir - l'amorce - étant données, le jeu consiste à compléter l'amorce pour retrouver la figure initiale avec les instruments mis à disposition. Les variables didactiques d'un problème de restauration de figures portent sur le choix de ces différents éléments.

Nous avons donc besoin d'identifier comment choisir les valeurs de ces variables didactiques pour élaborer des situations de restauration susceptibles d'agir sur la conceptualisation en géométrie au tout début de l'école élémentaire. Il s'agit d'étudier les connaissances initiales des élèves et celles dont on peut favoriser l'émergence. Selon Brousseau :

Un champ de problèmes peut être engendré à partir d'une situation par la modification de la valeur de certaines variables qui, à leur tour, font changer les caractéristiques des stratégies de solution (coût, validité, complexité, ...)

Seules les modifications qui affectent la hiérarchie des stratégies sont à considérer (variables pertinentes) et parmi les variables pertinentes, celles que peut manipuler un professeur sont particulièrement intéressantes : ce sont les variables didactiques (Brousseau, 1982, p.23).

Ces variables sont pertinentes à un âge donné dans la mesure où elles commandent des comportements différents. Ce sont des variables didactiques dans la mesure où agissant sur elles, on pourra provoquer des adaptations et des régulations : des apprentissages (Brousseau, 1982a, p.47).

Nous relevons ici que c'est le choix de valeurs pertinentes parmi les variables didactiques qui va changer la stratégie optimale de la situation (et donc la signification de la connaissance visée). Nous notons également que ces variables sont pertinentes dans la mesure où elles commandent des comportements différents.

Par ailleurs, les travaux de Duval (2005, 2015) montrent que le fonctionnement cognitif de l'élève dans le contexte de la géométrie dépend de son niveau de développement de la « visualisation géométrique ». Celle-ci se fonde sur le développement de la « manière heuristique » et de la « manière mathématique » de voir une figure. Pour favoriser la construction du sens donné aux connaissances dans le contexte de la géométrie, nous commençons donc par prendre en considération les apports théoriques de Duval.

Dans ce qui suit, tout comme Mathé et al. (2020), nous appelons « figure composée » un assemblage de figures simples, juxtaposées ou partiellement superposées, une figure simple étant une figure qu'on peut obtenir en faisant le contour d'un gabarit.

3.1.2 Prise en considération de la visualisation géométrique pour définir des valeurs relatives à la variable didactique figure

Prise en considération de la visualisation géométrique pour définir des valeurs relatives à la variable didactique « figure »

« La manière heuristique de voir »

Nous utilisons tout d'abord le fait que la « manière heuristique » de voir une figure est « la condition cognitive préalable pour reconnaître sur la figure quelle(s) propriété(s) géométrique(s) utiliser pour résoudre le problème posé » (Duval, 2015, p.155). Le développement de la « manière heuristique » de voir une figure

repose sur le fait d'apprendre à identifier des juxtapositions et des superpositions de sous-figures pour résoudre un problème. Il repose également sur le fait d'apprendre à orienter le regard sur les relations existantes entre les côtés des sous-figures qui composent une « figure composée ».

Ainsi, nous adoptons cette condition préalable pour notre étude et faisons le choix d'élaborer des problèmes tels que leur résolution soit susceptible d'agir sur le développement de la « manière heuristique » de voir une figure. Concernant la variable didactique « figure », nous décidons donc d'élaborer les « figures composées ».

Nous définissons pour notre travail la valeur « composition d'une figure ».

Nous notons :

- H1 la valeur : « la figure modèle est une figure simple » ;
- H2 la valeur : « la figure modèle est une figure composée de polygones » ;
- H3 la valeur : « la figure modèle est une figure composée de polygones et de cercles ».

Nous poursuivons avec l'étude de la « manière « mathématique » de voir une figure afin de choisir H2 ou H3 comme la valeur « composition de la figure » associée à la variable didactique « figure ».

« La manière mathématique de voir »

Concernant la « manière mathématique de voir » une figure, nous utilisons le fait qu'il s'agit d'une condition nécessaire à la compréhension et à l'utilisation des propriétés géométriques de figures pour résoudre un problème (Duval, 2005, 2015). La « manière mathématique de voir » repose sur le processus de déconstruction dimensionnelle des formes. Il s'agit de rendre les élèves capables de décomposer n'importe quelle forme reconnue comme une forme 2D (« vision surfaces »), en unités figurales d'un nombre de dimension inférieur à celui de cette forme (voir des lignes droites ou des lignes courbes : « vision lignes », 1D) ; voir des points : « vision points », 0D). Duval (2005) souligne l'importance du développement du processus de déconstruction dimensionnelle des formes car la compréhension et l'utilisation d'une propriété géométrique d'une figure reposent sur la mise en relation d'unités figurales 1D et 0D.

Nous adoptons donc également cette autre condition pour notre étude. Notre intention est d'élaborer des problèmes tels que leur résolution soit susceptible d'agir sur la « manière mathématique de voir une figure ». Au début de l'école élémentaire, les élèves mobilisent la « vision surfaces » sur une figure. Notre objectif est donc d'initier le développement de la « vision lignes ». Nous cherchons à amener les élèves à voir, sur une figure composée, des lignes entières là où

seulement une partie est tracée. Ces lignes pouvant être des droites ou des cercles. Pour nous, en appui sur les apports de Duval (2005), initier le développement de la « vision lignes » permettra de favoriser l'apprentissage des propriétés géométriques des figures, et leur utilisation dans la résolution de problèmes.

Ainsi, nous définissons pour notre travail la valeur « vision lignes sur la figure ». Nous en avons besoin pour prendre en considération les connaissances initiales des élèves, associées à une « vision surfaces » sur une figure, ainsi que les connaissances associées à la « vision lignes » qu'il est possible de faire émerger. Pour préciser quelles valeurs il est possible de donner à la « vision lignes sur la figure », nous étudions maintenant comment agir sur le développement des différents concepts en jeu dans un problème de restauration.

3.1.3 Étude des différentes formes de représentations graphiques du concept de point

Nous utilisons la définition d'un concept de Vergnaud (1991). Un concept « C » est un triplet de trois ensembles « S, I, φ ». L'ensemble « S » est l'ensemble des situations donnant du sens au concept. L'ensemble « φ » est « l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant) » (Vergnaud, 1991, p.145). Enfin, l'ensemble « I » est « l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié) » (ibid., p.145). Un schème étant défini comme « l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée » (ibid., p.136). Nous utilisons en outre « (...) qu'il n'y a pas de conceptualisation sans la construction d'invariants, d'autant qu'il s'agit de maîtriser une variété de situations. Ce sont les invariants qui vont découper le réel, amener la conceptualisation » (ibid., p.136).

Nous notons l'existence de plusieurs formes de représentation d'un concept, ainsi que l'existence de plusieurs procédures de traitement. Pour étudier comment faire évoluer ces formes de représentation, nous utilisons alors le fait que « deux représentations sont différentes lorsque leurs contenus sont de nature différente, c'est-à-dire ne représentent pas le même type d'unités (mots, contours de tracés), (Duval, 2005, p.69). De plus, pour qu'une représentation puisse donner lieu à une transformation, nous prenons appui sur le fait qu'« elle doit pouvoir être obtenue et modifiable par une procédure de production, c'est-à-dire une procédure qui permet de transformer une représentation que l'on se donne en une autre représentation du même genre » (ibid., p.69).

Dans ce qui suit, notre démarche va donc consister à décrire la relation existante entre les différentes représentations graphiques du concept de point et l'évolution des actions instrumentées réalisées par les élèves. Pour cela, nous commençons par catégoriser les différentes manières de produire graphiquement un point en fonction des instruments mis à disposition dans le contexte de la restauration de figures :

- Avec l'usage d'un gabarit de forme polygonale, un point, sommet d'un polygone peut s'obtenir comme extrémité commune de deux segments.
- Avec l'usage d'un gabarit de forme polygonale tronqué et la règle, ou avec la règle comme seul instrument, un point, sommet d'un polygone, peut s'obtenir comme point d'intersection de deux demi-droites (ou de deux droites).
- Avec l'usage de la règle et d'un reporteur de longueur, un point peut s'obtenir comme intersection d'un segment (ou une demi-droite, une droite) avec un trait de report de longueur.
- Avec l'usage de la règle et du compas, un point peut s'obtenir comme point d'intersection d'un segment (ou une demi-droite, une droite) avec une ligne courbe (cercle, arc de cercle).
- Avec l'usage du compas seul, un point peut s'obtenir comme point d'intersection de deux lignes courbes (cercle, arc de cercle).

Ces différentes manières de produire graphiquement un point nous permettent de lister les différentes représentations possibles d'un point en fonction des instruments mis à disposition.

En considérant qu'une ligne droite (D) peut être un segment, une demi-droite, ou une droite, et qu'une ligne courbe peut être un cercle ou un arc de cercle, nous pouvons noter :

- Point- $D \cap D$: point d'intersection de deux lignes droites (D) ;
- Point- $D \cap T$: point d'intersection d'une ligne droite (D) avec un trait de report de longueur (T) ;
- Point- $D \cap C$: point d'intersection d'une ligne droite (D) avec une ligne courbe (C) ;
- Point- $C \cap C$: point d'intersection de deux lignes courbes (C).

Il en découle différentes manières de produire graphiquement un segment en fonction des instruments mis à disposition :

- Avec l'usage d'un gabarit de forme, le côté d'un polygone peut s'obtenir en traçant un trait droit le long d'un des bords du gabarit de forme polygonale. Cela permet de définir un segment comme une partie bien délimitée du contour d'un polygone.

- Avec la règle seule, il peut s'obtenir à partir d'un trait support de sa direction et par l'identification des deux points situés à ses extrémités. Cela permet de définir un segment comme une portion de droite délimitée par deux points, appelés extrémités du segment.
- Avec l'usage de la règle et d'un reporteur de longueur, ou encore avec l'usage de la règle et du compas, il peut s'obtenir à partir d'un trait support de sa direction, la donnée d'une de ses extrémités et la donnée de sa longueur.
- Avec l'usage de la règle et du compas, un segment peut aussi s'obtenir à partir d'un trait support de sa direction et de sa longueur.

Dans ces deux derniers cas, cela permet de définir un segment comme étant une portion de droite de longueur finie, délimité par deux points appelés extrémités du segment.

3.1.4 Choix de la valeur de la variable didactique : « instruments mis à disposition »

La variable « instruments mis à disposition » peut prendre comme valeurs le choix d'un ou plusieurs instruments comme : une règle non graduée, un reporteur de longueur, un compas, des gabarits de formes géométriques.

La relation existante entre ces différentes manières de produire un point avec l'apprentissage de l'usage des instruments nous conduit à adopter une certaine progressivité dans les apprentissages à mener au début de l'école élémentaire. Nous prenons alors appui sur la proposition de Mathé et al. (2020) : « il faut ... pour réaliser une tâche en géométrie des tracés, que les élèves disposent au fondement de leur schème d'utilisation des instruments du concept-en acte de point défini par une intersection de droites » (p.70). Nous faisons donc le choix de commencer par rendre fonctionnel les connaissances et compétences associées à la production d'un point par l'intersection de deux droites.

Par conséquent, nous fixons la valeur de la variable didactique « instruments mis à disposition » à l'usage de la règle comme seul instrument. Nous cherchons donc tout d'abord à amener les élèves à voir une droite là où seulement une partie de cette droite est tracée.

Remarque à propos de l'usage du calque de la figure modèle :

Au regard des objectifs que nous visons à propos de la validation par les élèves des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure, nous faisons le choix de ne pas mettre de calque de la figure modèle à disposition des élèves. En effet, notre intention est d'amener les élèves à passer progressivement d'une validation qui repose sur la perception visuelle à une validation qui repose sur les

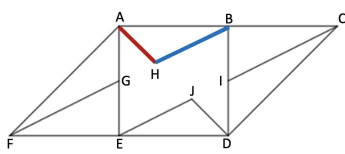
connaissances et compétences qui vont être construites et institutionnalisées localement suite à chaque situation.

3.1.5 Choix des valeurs de la variable didactique « figure »

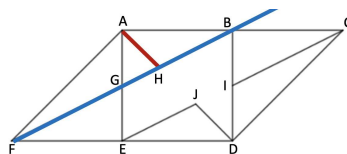
Le choix de l'usage de la règle comme seul instrument nous permet de préciser davantage l'étude des différentes représentations d'un point dans une « vision lignes » lorsque ces lignes sont des droites. Par exemple, un point peut être vu comme intersection de deux segments, mais aussi comme point d'intersection d'un segment avec une demi-droite, de deux demi-droites, de deux droites, etc... Cette multiplicité des représentations d'un point nous permet alors d'attribuer différents niveaux dans le développement de la « vision lignes » sur une figure. Nous définissons pour notre travail une première liste, non exhaustive, des « valeurs de la vision lignes » de la manière suivante :

- Valeur L1 : les points de la figure modèle sont vus comme point d'intersection de deux segments.
- Valeur L2 : certains points de la figure modèle peuvent être vus comme point d'intersection d'un segment avec une demi-droite.
- Valeur L3 : certains points de la figure modèle peuvent être vus comme point d'intersection de deux demi-droites.

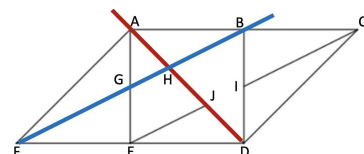
Nous illustrons ces trois valeurs en décrivant comment peut être vu le point H sur la figure composée ci-dessous :



Le point H est vu comme point d'intersection des segments [AH] et [BH] dans une vision lignes de valeur L1.



Le point H peut être vu comme point d'intersection du segment [AH] avec la demi-droite [FG) dans une vision lignes de valeur L2.



Le point H peut être vu comme point d'intersection des deux demi-droite [FG) et [DJ) dans une vision lignes de valeur L3.

Figure 16: Différentes manières de voir le point H sur la figure

Afin d'élaborer des problèmes susceptibles de permettre le développement de la « vision lignes », dans le cas où ces lignes sont des droites au début de l'école élémentaire, nous choisissons comme valeurs de la variable didactique « figure » :

- Les « valeurs vision lignes sur la figure » : L1 puis L1 + L2. Nous cumulons donc ces valeurs pour agir en progressivité sur les différents niveaux dans la vision lignes.
- La « valeur composition d'une figure » H2. Les figures modèles que nous allons élaborer sont composées de polygones ; Ce choix permet d'être cohérent avec les « valeurs de la vision lignes » choisies.

Il nous reste à préciser les valeurs de la variable didactique « amorce ».

3.1.6 Choix des valeurs de la variable didactique : « amorce »

Nous avons maintenant besoin de mettre en relation la valeur de l'amorce avec les connaissances et compétences visées dans la résolution du problème de restauration.

Pour favoriser l'apprentissage du concept de point défini par l'intersection de deux segments et par l'intersection d'une demi-droite et d'un segment, conjointement avec l'apprentissage de l'usage géométrique de la règle, nous donnons aux amorces les valeurs suivantes :

- Valeur A1 (problème 2) : l'amorce permet de rendre fonctionnel le tracé d'un point vu comme point d'intersection de deux segments, lorsqu'il s'agit de voir la figure modèle comme assemblage de polygones juxtaposés.
- Valeur A2 (problème 3) : l'amorce permet de rendre fonctionnel le tracé d'un point vu comme point d'intersection de deux segments lorsqu'il s'agit de voir la figure modèle comme assemblage de polygones juxtaposés et superposés.
- Valeur A3 (problèmes 4 à 6) : l'amorce permet de rendre fonctionnel le tracé d'un point vu comme point d'intersection d'un segment avec une demi-droite.

Il s'agit de voir la figure modèle comme assemblage de polygones juxtaposés et superposés et/ou de voir des relations d'alignement de deux segments, voire d'un segment avec un point.

Nous avons ensuite élaboré des problèmes de restauration de manière à construire une « dialectique de l'action ». Les valeurs données aux variables didactiques de nos problèmes visent à initier la construction du concept de point. Plus précisément, nous cherchons à rendre fonctionnelle la représentation d'un point défini par l'intersection de deux demi-droites. Il en découle que nous cherchons également à rendre fonctionnelle la représentation d'un segment comme portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment. Ainsi, dans tout notre travail, les expressions « concept de point » et « concept de segment » référeront à cette représentation.

Conjointement à ces apprentissages, les valeurs données aux variables didactiques de nos problèmes visent également l'apprentissage de « l'usage géométrique de la règle ». La connaissance que nous cherchons à faire émerger chez l'élève est que pour placer la règle, il a besoin de deux points ou d'un segment déjà tracé. Il s'agit d'un « usage géométrique des instruments parce qu'il respecte des règles qui réfèrent implicitement à des axiomes, des définitions ou des théorèmes de géométrie » (Perrin-Glorian, Mathé et al., 2020, p.55).

La famille de problèmes que nous avons élaborée est donc la suivante :

Famille de problèmes	Problème 1 (familiarisation)	Problème 2	Problème 3	Problème 4	Problème 5	Problème 6
Figure modèle						
Valeurs de la vision lignes sur la figure	H2 L1	H2 L1	H2 L1	H2 L1+L2	H2 L1+L2	H2 L1+L2
Amorce de la figure						
Valeurs de l'amorce	A1	A1	A1+A2	A1+A2+A3	A1+A2+A3	A1+A3

Tableau 2: Famille de problèmes de restauration que nous avons élaborée

Le tableau ci-dessous présente la progressivité des apprentissages visés par la résolution de ces problèmes :

	Problème 1	Problème 2	Problème 3	Problème 4
Visions lignes sur la figure composée		Vision lignes L1		Vision lignes L2
Productions d'actions attendues	Action instrumentée n°1 (prolonger un segment)			
	Action instrumentée n°2 (relier deux points)			
				Action instrumentée n°3 (reproduire un alignement de segments)
Connaissances visées	<ul style="list-style-type: none"> • Un trait peut être interprété comme le côté du contour d'une figure composée, côté d'un polygone et comme un segment ; • Un segment se représente par une portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment ; • On peut prolonger un segment en un autre segment ; • L'intersection de deux segments est un point. 			
		<ul style="list-style-type: none"> • Un point peut être interprété comme sommet de la figure composée, comme sommet d'un polygone ou comme intersection de deux segments ; • Un point peut se représenter comme point d'intersection de deux demi-droites ; • Les extrémités d'un segment sont des points ; • Si on connaît les deux extrémités d'un segment, on peut le tracer en entier. 		

				<ul style="list-style-type: none"> • Un point peut être interprété comme point d'intersection d'un segment et d'une demi-droite ; • Un segment peut être aligné avec un autre segment ; • Deux segments sont alignés s'ils appartiennent à une même droite.
--	--	--	--	--

Tableau 3: Progressivité des apprentissages visés par la résolution des problèmes élaborés

Nous venons de présenter la famille de problèmes de restauration que nous allons expérimenter au début de l'école élémentaire, ainsi que les connaissances associées au concept de point que nous cherchons à construire. Nous poursuivons avec la présentation des différentes situations élaborées dans le but de mettre en relation connaître et prouver dans le processus d'apprentissage.

3.2 Présentation succincte de la dialectique de situations élaborée

Nous présentons ici brièvement la suite des situations que nous avons élaborée. Cette présentation est destinée à faciliter la compréhension des choix théoriques que nous présentons dans les sous-parties qui vont suivre.

3.2.1 Situations d'action proposées

3.2.1.a. Dévolution des problèmes de restauration de figures

Nous avons prévu une première situation pour faire la dévolution des problèmes de restauration de figures. Dans cette situation, l'enseignant présente tout d'abord « l'habillage » de l'ensemble de la situation :

« Habillage » de la suite de situation élaborée :

« Le directeur/la directrice de l'école doit compléter ces six figures avec la règle pour qu'elles soient identiques aux figures modèles. Il ne connaît pas les méthodes d'utilisation de la règle en géométrie. Il/elle a besoin qu'on lui explique :

COMMENT POSITIONNER LA REGLE pour réussir A COUP SUR la reproduction de toutes les figures »

Il présente ensuite l'objectif poursuivi : chercher des méthodes d'utilisation de la règle qui permettent de réussir, à coup sûr, la restauration de toutes les figures proposées.

Le but étant d'indiquer au directeur/à la directrice le code d'utilisation géométrique de la règle.

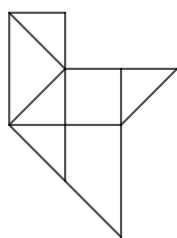
L'enseignant propose enfin aux élèves de résoudre un premier problème de restauration pour favoriser la compréhension de la règle du jeu.

Problème n°1 :

Le premier problème a été élaboré pour favoriser la dévolution des problèmes de restauration qui vont suivre. Sa résolution ne nécessite pas de produire un point vu comme point d'intersection de deux segments ou d'une demi-droite avec un segment. En effet, tous les points situés aux extrémités des différents polygones qui composent la figure modèle sont donnés.

Pour ce premier problème, l'enseignant invite un élève au tableau pour restaurer un des segments manquants. Il engage ensuite les élèves de la classe à restaurer la figure.

Figure 1 :



Amorce :

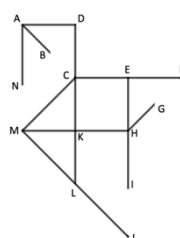


Figure 17: Problème élaboré pour la dévolution des problèmes de restauration de figures

Connaissances et compétences visées :

→ Visualisation géométrique :

La « manière heuristique » de voir est sollicitée. L'élève peut voir la figure composée comme un assemblage de polygones juxtaposés. Il peut ensuite porter son regard sur le contour de chacun des polygones composant la figure modèle. La « manière mathématique » de voir est sollicitée également. L'élève peut voir le côté d'un polygone composant la figure modèle comme un segment.

Il peut alors prolonger le segment $[AB]$ jusqu'au point C ou relier les points B et C pour représenter le segment $[AC]$. Il en est de même pour les autres segments.

La résolution de ce premier problème permet aux élèves de développer l'une de ces deux actions instrumentées.

→ Action instrumentée attendue n°1 :

Pour représenter un segment comme une portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment :

- positionne la règle sur un segment
- prolonge ce segment, trace une demi-droite jusqu'à obtenir l'extrémité du segment manquant

→ Action instrumentée attendue n°2 :

Pour représenter un segment comme une portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment :

- positionne la règle sur les deux points situés aux extrémités du segment manquant ;
- relie les deux points par un trait droit.

→ Connaissances visées :

- Un trait peut être interprété comme le côté d'un des polygones composant la figure modèle et comme un segment.
- On peut prolonger un segment en un autre segment ;
- Un segment se représente comme une portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment :
- L'intersection de deux segments est un point.

Ainsi, après la mise en œuvre de cette situation, les élèves ont pu mobiliser l'une des deux actions instrumentées relatives à « l'usage géométrique de la règle ».

3.2.1.b Dialectique de l'action

Nous présentons maintenant les trois « situations d'action » élaborées pour initier la construction du concept de point. Nous rappelons que nous cherchons à rendre fonctionnel le tracé d'un point comme intersection de deux demi-droites conjointement à l'apprentissage de « l'usage géométrique de la règle ».

Dévolution de la consigne données dans les situations d'action :

A partir de la deuxième situation d'action, l'enseignant met en œuvre une situation de rappel : il fait rappeler par les élèves les méthodes acceptées comme

adéquates par les élèves et qu'il a institutionnalisées à la fin de chaque situation d'action.

Pour chacune des situations d'action proposées, l'enseignant donne deux consignes.

La première consigne est la suivante :

- Que manque-t-il sur la figure ? Qu'est ce qui a été effacé ?

L'enseignant organise alors le recueil des propositions des élèves (verbalisation, gestes de pointage ou de parcours sur les points ou segments indiqués).

La deuxième consigne est la suivante :

- « Trouver comment positionner la règle pour réussir à coup sûr la reproduction de la figure ».

Matériel :

- Fiche A5 avec la figure modèle en format réduit
- Fiche A4 avec la figure à restaurer
- Règle, crayon de bois, gomme

Organisation de la classe :

- Les élèves travaillent individuellement

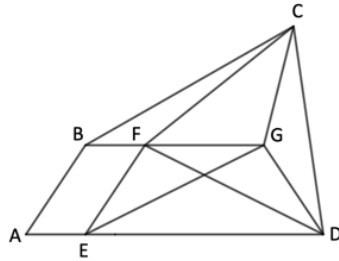
Moyens de validation :

- Le premier moyen de validation des actions instrumentées que peuvent mobiliser les élèves repose sur leur perception visuelle : lors de la réalisation d'une action instrumentée réalisée pour restaurer un segment ou un point d'une figure, l'élève peut comparer visuellement le segment ou le point qu'il a restauré avec ceux de la figure modèle. Ce moyen de validation va ensuite évoluer au fur et à mesure de l'avancée de la dialectique de l'action et s'enrichir d'une validation qui repose sur les connaissances et compétences qui vont être acceptées par la classe et institutionnalisées localement par l'enseignant. Ainsi, lors de la réalisation d'une action instrumentée, l'élève pourra contrôler la donnée des informations nécessaires pour représenter un point comme point d'intersection de deux demi-droites, ainsi que pour représenter un segment comme portion de ligne droite délimitée par deux points. L'élève pourra ainsi contrôler la donnée de deux points ou d'un segment déjà tracé pour conduire une action instrumentée.

Problèmes proposés :

• Problème n°2 - situation d'action n°1

Figure 2 :



Amorce :

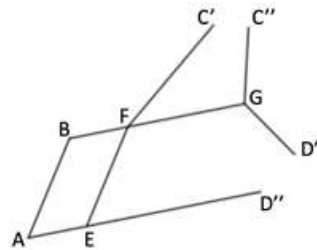


Figure 18: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°1

Connaissances et compétences visées :

Nous nous focalisons ici sur les connaissances et compétences à mobiliser pour obtenir les points C et D. Ces points doivent être vus sur la figure comme points d'intersection de deux segments. Ainsi, la réussite de la restauration repose ici sur la production des points C et D, préalablement à celle des segments [BC] et [CD].

→ Visualisation géométrique :

La « manière heuristique » de voir peut être sollicitée. L'élève peut voir la figure modèle comme un assemblage de polygones juxtaposés pour porter son regard sur le triangle FCG. L'élève peut alors voir que le point C, sommet de la figure modèle ABCD, est aussi le sommet du triangle FCG.

La « manière mathématique » de voir peut être sollicitée également. L'élève peut voir le point C comme point d'intersection des segments [FC] et [GC]. Il peut alors prolonger les segments [FC] et [GC] constitutifs du contour du triangle FCG pour produire le point C comme point d'intersection des demi-droites [FC') et [GC'').

→ Actions instrumentées attendues :

Pour représenter un point vu comme intersection de deux segments,

- positionne la règle sur un segment, prolonge le segment, trace une demi-droite ;
- positionne la règle sur un autre segment, prolonge le segment, trace une demi-droite ;
- obtient un point grâce à la production d'un point d'intersection des deux demi-droite précédemment tracée.

L'élève met ici en œuvre l'action instrumentée n°1 deux fois.

L'action instrumentée n°2 est attendue également :

Pour représenter un segment comme portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment :

- positionne la règle sur deux points ;

- relie les deux points en traçant un trait droit.

→ Connaissances visées :

- Un point peut être interprété comme sommet de la figure composée, sommet d'un polygone de sa composition, ou intersection de deux segments ;
- Un trait peut être interprété comme le côté d'un polygone et comme un segment ;
- Un point peut se représenter en traçant l'intersection de deux demi-droites.
- On peut prolonger un segment en un autre segment ;
- Les extrémités d'un segment sont des points ;
- Un segment peut se représenter par une portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment ;
- Si on connaît les deux extrémités d'un segment, on peut le tracer en entier ;

• Problème n°3 - situation d'action n°2

Figure 3 :

Amorce n°1 (classe 1)

Amorce n°2 (modification réalisée pour la classe 2)

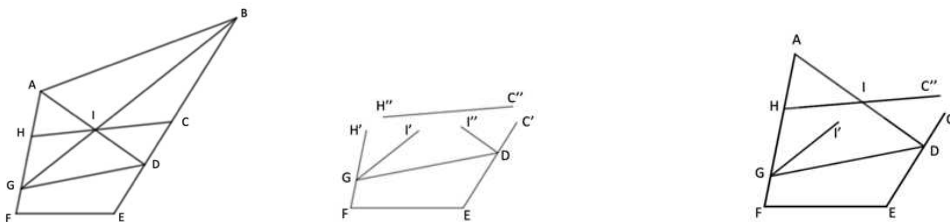


Figure 19: Problèmes de restauration proposés dans la situation d'action n°2

Nous présentons ici deux amorces différentes car le problème a été modifié pour la deuxième classe. Nous en donnons les raisons dans la partie...

Connaissances et compétences visées : Nous nous focalisons ici sur les connaissances et compétences à mobiliser pour obtenir le point B. En effet, la réussite de la restauration repose ici sur la production du point B, préalablement à celle des segments [AB]. Le point B doit être vu sur la figure modèle comme point d'intersection de deux segments.

→ Visualisation géométrique.

La « manière heuristique » de voir une figure peut être sollicitée. L'élève peut voir la figure modèle ABEF comme un assemblage de polygones juxtaposés pour porter son regard sur le triangle IBC. L'élève peut alors voir le point B comme sommet de la figure modèle ABEF. Il peut aussi voir la figure modèle ABEF comme un assemblage de polygones superposés. L'élève peut alors voir le point B comme sommet du triangle IBC, comme sommet du triangle GBD, ...

La « manière mathématique » de voir peut être également sollicitée. L'élève peut voir le point B comme point d'intersection des segments [IB] et [CB]. Ces segments

étant complètement effacés, l'élève peut être amené à poursuivre l'analyse de la figure. Il peut voir le point B comme point d'intersection des segments $[GB]$ et $[DB]$. Il peut également percevoir l'alignement des segments $[GI]$ et $[IB]$, ainsi que l'alignement des segments $[EC]$ et $[CB]$.

Il peut alors prolonger les segments $[GI']$ et $[DC']$ pour produire le point B comme point d'intersection des deux demi-droites $[GI')$ et $[DC')$.

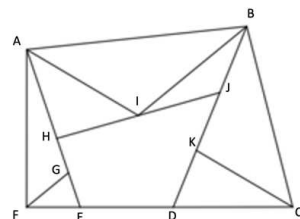
→ Les actions instrumentées attendues sont les mêmes que pour le problème 2.

→ Les connaissances visées sont les mêmes que pour le problème 2.

Le fait d'avoir « effacé complètement » certains segments de la figure rend malgré tout la situation d'action 2 plus difficile que la situation d'action 1. La réussite de la restauration implique la mobilisation de la « manière heuristique » et/ou la « manière mathématique » de voir une figure pour identifier les relations existantes entre les segments donnés et les segments à restaurer. Ce problème permet en effet d'initier une nouvelle connaissance : « deux segments peuvent être alignés », dans le cas où ces segments ont une extrémité commune.

• Problème 3 :

Figure 4 :



Amorce :

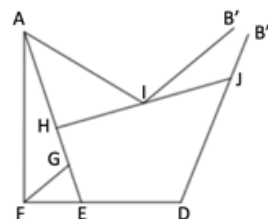


Figure 20: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3

Connaissances et compétences visées : Nous nous focalisons ici sur les connaissances et compétences à mobiliser pour obtenir le point C. En effet, la réussite de la restauration repose ici sur la production du point C. Ce point doit être vu comme point d'intersection d'un segment et une demi-droite.

→ Visualisation géométrique :

La « manière heuristique » de voir peut être sollicitée. L'élève peut voir la figure modèle ABCF comme un assemblage de polygones juxtaposés pour porter son regard sur le triangle DKC. Il peut ensuite voir la figure composée comme un assemblage de polygones superposés pour porter son regard sur le triangle AEC ou sur le triangle AFC. En effet, ces triangles sont superposés au triangle DKC. Ainsi, l'élève peut voir ici le point C comme sommet de la figure modèle ABCF, puis comme sommet du triangle DKC. Il peut ensuite voir le point C comme sommet du triangle AEC (ou encore du triangle AFC).

La « manière mathématique » de voir peut être sollicitée également : l'élève peut voir le point C comme point d'intersection du segment $[EC]$ (ou du segment $[FC]$) avec la demi-droite $[AI]$. Il peut alors prolonger les segments $[ED]$ et $[AI]$ pour

produire le point B comme point d'intersection de la demi-droite [ED) avec la demi-droite [AC).

→ Actions instrumentées attendues :

Les actions instrumentées n°1 et n°2 sont à nouveau mobilisées pour représenter le point B, le segment [AB], et la direction du segment [DC].

Une nouvelle action instrumentée est attendue pour restaurer la direction du segment [KC] (Action instrumentée n°3) :

Pour représenter la direction d'un segment,

- Positionne la règle sur un segment aligné avec celui cherché ;
- Prolonge ce segment, trace une demi-droite.

Une nouvelle représentation d'un point est attendue :

Pour représenter un point vu comme point d'intersection d'un segment et d'une demi-droite,

- met en œuvre l'action instrumentée n°1 ;
- met en œuvre l'action instrumentée n°3.

→ Nouvelles connaissances visées :

- Un segment peut être aligné avec un autre segment ;
- Deux segments peuvent se trouver sur une même droite ;
- Un point peut être vu sur une figure comme point d'intersection d'un segment et d'une demi-droite.

La gestion des « situations d'action » telle que nous allons la définir dans la section 3.3.1 prévoit que l'enseignant institutionnalise localement les actions instrumentées reconnues comme adéquates pour réussir avec certitude la restauration d'un point ou d'un segment de la figure, ainsi que les notions associées aux concepts de point, de segment, d'alignement de segments. Ces institutionnalisations locales ont lieu en contexte, à la fin de chaque « situation d'action ». Nous avons donné des propositions de formulations aux enseignants pour mener ces institutionnalisations locales des connaissances et compétences en jeu. Elles se trouvent dans l'annexe 6 (p.403). Nous allons également définir le rôle que nous attendons de l'enseignant dans la gestion des institutionnalisations locales (section 3.3.1).

3.2.2 Situations de formulation proposées

Nous avons ensuite élaboré une « situation de formulation » verbale orale à autrui. Notre but est ici de poursuivre le développement conjoint du concept de point avec « l'usage géométrique de la règle » en faisant intervenir le langage oral. Les

interactions orales et verbales produites entre les élèves vont permettre de construire progressivement un langage partagé pour parler à la fois sur les notions de point, de segment, d'alignement de segments, et sur les actions instrumentées réalisées.

Notre but est également de mobiliser le langage de manière à créer les conditions nécessaires à la mise en relation de connaître et prouver dans une perspective d'apprentissage. Notre intention, par la proposition de « situations de formulation » est d'initier le passage d'une géométrie des tracés à une géométrie théorique et discursive en amenant les élèves à développer le « langage technique » associé à l'usage géométrique de la règle, ainsi qu'un langage géométrique.

3.2.2.a Dévolution d'une nouvelle consigne

L'enseignant met en œuvre une situation de rappel : il fait rappeler par les élèves toutes les méthodes acceptées comme adéquates par les élèves et qu'il a institutionnalisées localement à la fin de chaque situation d'action.

Habillage de la situation :

L'enseignant rappelle aux élèves l'enjeu présenté lors de la dévolution des problèmes de restauration de figure : expliquer au directeur/la directrice, comment utiliser la règle pour être sûr de réussir la restauration de toute une famille de figures. Il explique aux élèves qu'il leur propose de s'entraîner à expliquer oralement les méthodes d'utilisation de la règle à un autre élève pour qu'il puisse réussir à coup sûr la restauration d'une figure.

Il précise ses attentes :

Consigne pour l'élève-proposant :

Expliquer à son binôme comment utiliser la règle pour être sûr de réussir la restauration des points et des segments de la figure modèle.

Consigne pour l'élève-contrôleur-traceur :

- Vérifier si la méthode indiquée permet effectivement de tracer avec certitude les points et les segments de la figure modèle ;
- Si oui, tracer le segment ou le point comme indiqué ;
- Si non, dire ou montrer que l'on n'est pas d'accord et pourquoi.

L'enseignant explique alors que le rôle de l'élève contrôleur-traceur est celui que l'enseignant a joué lors des mises à l'épreuve des actions instrumentées dans la suite des situations d'action précédemment menées.

Il peut proposer à deux élèves de faire un exemple en prenant appui sur une des figures utilisées dans les séances précédentes.

Remarque : Nous allons définir le rôle de l'enseignant dans la « phase de validation » de chacune des situations d'action et de formulation. La définition de ce rôle est décrite dans la section 3.3.2.

3.2.2.b Dévolution des situations de formulation

Pour chacune des situations de formulation proposées, l'enseignant mobilise la même première consigne que dans les situations d'action :

- Que manque-t-il sur la figure ? Qu'est ce qui a été effacé ?

L'enseignant organise alors le recueil des propositions des élèves (verbalisation, gestes de pointage ou de parcours sur les points ou segments indiqués).

L'enseignant engage ensuite les élèves à jouer le rôle d'élève-proposant et d'élève-contrôleur-traceur pour restaurer la nouvelle figure proposée.

Organisation de la classe :

- Les élèves travaillent par groupe de 2 élèves : un élève a le rôle d'élève-proposant et un élève a le rôle d'élève-contrôleur-traceur.

Matériel :

Pour l'élève proposant :

- Fiche A5 avec la figure modèle réduite pour l'élève-proposant ;
- Règle

Pour l'élève-contrôleur-traceur :

- Fiche A4 avec la figure à restaurer pour l'élève-contrôleur ;
- Règle, crayon de bois, gomme.

Moyens de validation :

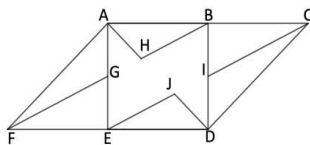
- La validation par l'élève-proposant de l'adéquation du segment ou point restauré repose sur la perception visuelle : au fur et à mesure de la restauration de la figure modèle, l'élève-proposant compare visuellement les segments et points restaurés par son binôme avec ceux de la figure modèle.
- La validation par l'élève-contrôleur-traceur de l'énoncé produit par l'élève-proposant repose aussi sur le contenu de la verbalisation de l'action instrumentée qu'il propose. L'élève-contrôleur-traceur peut manifester son incompréhension ou son désaccord concernant l'action instrumentée proposée.
- La validation par l'élève-contrôleur-traceur de l'adéquation des informations formulées par l'élève-proposant pour conduire une action instrumentée repose sur les connaissances et compétences qu'il a développées dans les situations d'action. Il peut mettre en œuvre des rétroactions langagières ou des rétroactions instrumentées.

Dans tout notre travail, nous appelons « rétroaction instrumentée » l'action de produire une action contradictoire avec l'aide de la règle dans le but de montrer que les informations communiquées pour conduire l'action instrumentée proposée ne conviennent pas. Par exemple : l'élève-contrôleur-traceur peut positionner la règle sur un seul point et dans une direction très contradictoire à la direction du segment à restaurer.

Les problèmes 5 et 6 élaborés mobilisent les connaissances et compétences développées par les élèves lors de la suite de situations d'action. Nous commençons par présenter les différentes visions à mobiliser sur chacune des deux figures composées. Nous présentons alors les nouvelles connaissances et compétences visées pour les élèves.

• Problème 5 :

Figure 5 :



Amorce :

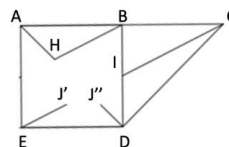


Figure 21: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1

Connaissances et compétences à mobiliser par l'élève-proposant :

→ Visualisation géométrique. Nous nous focalisons ici sur les connaissances et compétences à mobiliser pour obtenir le point F. En effet, la réussite de la restauration repose ici sur la production du point F : le point F doit être vu comme point d'intersection d'un segment et une demi-droite.

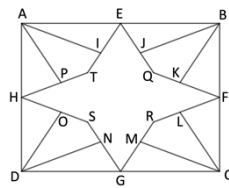
La « manière heuristique » de voir peut être sollicitée. L'élève peut voir la figure modèle ACDF comme un assemblage de polygones juxtaposés pour porter son regard sur le triangle GEF. Il peut voir également la figure modèle ACDF comme un assemblage de polygones superposés pour porter son regard sur le triangle FBD. En effet, ce triangle est superposé au triangle GEF. L'élève peut alors voir le point F comme sommet de la figure modèle ACDF, comme sommet du triangle GEF et comme sommet du triangle FBD.

La « manière mathématique » de voir peut être sollicitée. L'élève peut voir le point F comme point d'intersection des segments [AF], [EF], et [GF]. Il peut voir aussi le point F comme point d'intersection du segment [DF] (ou [EF]) avec la demi-droite [BH]. Il peut percevoir l'alignement des segments [FG] et [IC].

L'élève peut alors prolonger les segments [ED] et [BH] pour produire le point F comme point d'intersection des deux demi-droites [DE) et [BH).

• Problème 6 :

Figure 6 :



Amorce :

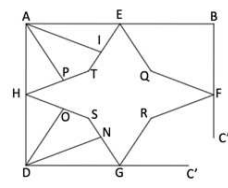


Figure 22: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2

Connaissances et compétences à mobiliser par l'élève-proposant :

La réussite de la restauration repose ici sur la production des points J, K, L et M. Ces points doivent être vus comme points d'intersection d'un segment et d'une demi-droite.

Les productions des points J, K, L et M mobilisent les mêmes connaissances et compétences. Nous nous focalisons donc ici sur les connaissances et compétences à mobiliser pour obtenir le point J comme point d'intersection d'une demi-droite avec un segment.

→ Visualisation géométrique :

La « manière heuristique » de voir peut être sollicitée. L'élève peut voir la figure composée comme un assemblage de polygones juxtaposés pour porter son regard sur le triangle EJB (ou sur le quadrilatère JBKQ). Il peut ensuite voir la figure composée comme un assemblage de polygones superposés pour porter son regard sur le triangle BHA (ou sur le triangle BHC). En effet, le triangle BHA est superposé au triangle EJB (et le triangle BHC est superposé au quadrilatère JBKQ). L'élève peut alors voir le point J comme sommet du quadrilatère JBKQ, du triangle JBE.

La « manière mathématique » de voir peut être sollicitée. L'élève peut voir l'alignement des segments [HT] et [JB]. Il peut alors voir le point J comme point d'intersection du segment [EQ] avec la demi-droite [HT].

L'élève peut alors prolonger le segment [HT] pour produire le point J comme point d'intersection du segment [EQ] avec la demi-droite [HT].

Les productions attendues des élèves dans les situations de formulation sont les suivantes :

Pour l'élève-proposant :

1) Prélever des informations sur la figure modèle :

- Positionner la règle sur les segments et les points à restaurer sur la figure modèle ;
- Identifier des relations entre les segments à restaurer et les segments ou les segments donnés sur la figure à compléter.

2) Verbaliser les actions instrumentées :

- Positionne ta règle sur ce segment ;
- Prolonge le segment ;
- Trace une ligne droite ;
- Prolonge le segment jusqu'à cette ligne droite pour obtenir un point d'intersection
- Positionne ta règle sur les deux points ;
- Relie les deux points.

Verbaliser les notions géométriques en jeu :

- Point, point d'intersection, segment, segments alignés, droite

Pour l'élève-contrôleur,

- Verbaliser son désaccord ;
- Mettre en œuvre des rétroactions instrumentées ;

Par exemple : positionner sa règle sur un seul point et dans une direction contradictoire à celle du segment cherché ;

- Verbaliser certaines connaissances sur les concepts de point, segment, alignement
- Verbaliser certaines compétences sur l'usage géométrique de la règle.

La gestion par l'enseignant de la situation de formulation telle que nous allons la définir dans la section 3.3.1 prévoit que l'enseignant institutionnalise localement les formulations d'actions instrumentées. Ces formulations sont reconnues comme adéquates pour faire comprendre à autrui où positionner la règle et le tracé à effectuer pour réussir à restaurer un segment ou un point de la figure modèle. Ces institutionnalisations locales des formulations d'actions instrumentées acceptées comme adéquates ont lieu en contexte, à la fin de chaque « situation de formulation » (voir Annexe 6, p.403).

3.2.3 Situation de validation proposée

Nous avons ensuite élaboré une « situation de validation » afin de poursuivre l'avancée du processus de conceptualisation, ainsi que la mise en relation entre connaître et prouver dans un processus d'apprentissage. Notre but est de poursuivre le développement conjoint du concept de point avec l'usage géométrique de la règle en faisant intervenir cette fois-ci le langage écrit pour généraliser les actions instrumentées acceptées comme adéquates lors de la mise en œuvre des situations d'action et de formulation. Pour écrire les règles d'action associées à « l'usage géométrique des instruments », nous avons amené les élèves à comparer les caractéristiques des différentes figures qu'ils avaient restaurées pour expliciter les conditions nécessaires à leurs prises de décisions.

Les interactions verbales orales produites entre les élèves dans les situations de formulation vont leur permettre de produire des énoncés écrits. Les énoncés des règles d'action attendus reposent sur l'usage du langage technique, relatif à l'usage géométrique de la règle, développé sur les situations de formulation, ainsi que sur l'usage d'un langage géométrique ou courant.

Notre intention, par la proposition de la « situations de validation » est de poursuivre la construction du passage d'une géométrie des tracés à une géométrie théorique et discursive.

3.2.3.a Dévolution de la consigne

L'enseignant met en œuvre une situation de rappel : il fait rappeler par les élèves toutes les méthodes acceptées comme adéquates par les élèves et qu'il a institutionnalisées localement à la fin de chaque séance.

Il présente ensuite la situation de validation :

« L'habillage » de la situation de validation est le suivant :

Aujourd'hui, vous allez écrire le code d'utilisation géométrique de la règle au Directeur / la Directrice

C'est-à-dire lui expliquer sous quelle condition il/elle peut utiliser les méthodes d'utilisation de la règle que l'on a trouvées.

Il/elle doit pouvoir réussir à coup sûr la reproduction de toutes ces figures.

Il réalise un exemple collectivement avec les élèves :

Figure modèle	Figure à compléter
<p> Code :</p> <p>Si tu as</p>	

Figure 23: Dévolution de la consigne donnée dans la situation de validation

La dévolution de la consigne doit permettre aux élèves de comprendre la notion de « condition ». Cette compréhension est nécessaire pour qu'ils puissent ensuite rédiger eux-mêmes les énoncés des autres règles d'action.

L'enseignant oriente l'attention des élèves sur les points manquants des deux figures.

Il demande aux élèves de les comparer et d'indiquer ce dont ils ont besoin pour positionner la règle et restaurer les points manquants des deux figures. Une fois les conditions identifiées par les élèves, il leur demande quelle action instrumentée est à réaliser. Il écrit ensuite la règle d'action collectivement en prenant appui sur les propositions des élèves.

3.2.3.b Dévolution de la situation de validation

Remarque préalable :

L'expérimentation de la situation de validation dans la première classe nous a conduite à modifier la famille de figures pour la deuxième classe.

En effet, lors de la mise en œuvre de la situation de validation dans la première classe, nous avons identifié que les analogies entre les figures étaient trop complexes à identifier pour généraliser les règles d'action. Les élèves ont produit seulement une, voire deux règles d'actions. De fait, il n'a pas été possible de recueillir les productions écrites pour toutes les règles d'action. Par ailleurs, la structure de la phrase à compléter a mis les élèves en difficulté lors de la rédaction des règles d'action. Enfin, la gestion de la validation par l'enseignante a également été difficile à mener, les figures associées aux règles d'action écrites n'étant pas « facilement disponibles » pour conduire les mises à l'épreuve des énoncés des règles d'action écrites prévues par notre ingénierie.

Nous avons donc modifié cette famille de figure pour la seconde classe. Nous avons réduit le nombre de figures à deux. La règle d'action à écrire était commune aux deux figures proposées. Les paires de figures proposées sont davantage en adéquation avec le jeu que nous avons élaboré pour les élèves mais aussi l'enseignant. En effet, lors de la validation des énoncés des règles d'action écrites par les élèves, les figures sur lesquelles éprouver la validité de ces énoncés sont plus « facilement disponibles ».

Nous présentons donc ici les deux situations que nous avons élaborées.

→ La famille de figures proposée à la première classe est la suivante :

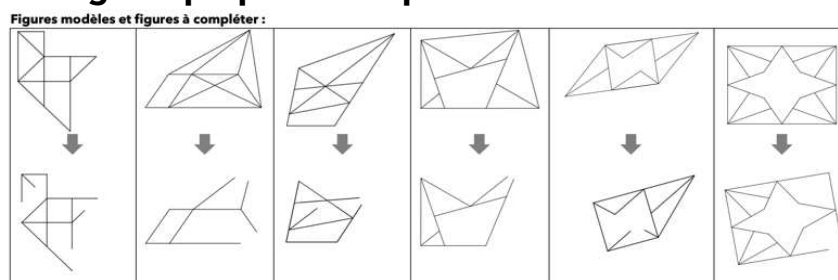


Figure 24: Famille de figures proposée dans la classe n°1 - situation de validation

Elle est composée de l'ensemble des figures proposées dans la suite de situations d'action et de formulation.

Consigne donnée à la classe 1 : Écrire à quelle condition il/elle peut utiliser une méthode pour tracer le segment d'une figure. Il faut retrouver tous les cas possibles.

Matériel :

- Une fiche avec la famille de figures proposée
- Plusieurs fiches avec la phrase à compléter suivante : « Si tu as ..., alors tu peux..., pour tracer.... »
- Une fiche lexique : « mots de la géométrie »

Organisation de la classe :

- Groupes de 3-4 élèves

→ **Les familles de figures proposées à la seconde classe sont les suivantes :**

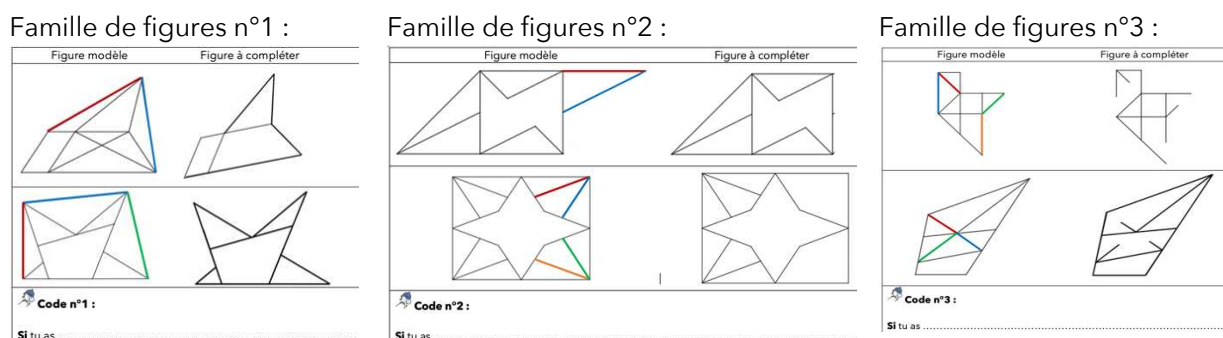


Figure 25: Familles de figures proposées dans la classe n°2 - situation de validation

Pour la seconde classe, des « paires » de figures ont été élaborées. La résolution de chaque paire de figure mobilise une même règle d'action.

Consigne donnée à la classe 2 : Écrire à quelle condition il/elle peut utiliser une méthode pour tracer les segments des deux figures. De quoi a-t-il besoin ?

Matériel :

- Fiches avec les paires de figures « figure-figure à compléter »
- Une fiche avec une phrase à compléter. Celle-ci a été réduite à : « Si tu as... ».
- Une fiche lexique : « mots de la géométrie »

Organisation de la classe : groupes de 2 élèves

Une fiche avec une paire de figures est donnée à chaque binôme d'élèves.

Plusieurs binômes écrivent la même règle d'action.

Moyen de validation :

- La validation de l'énoncé produit par les élèves se fonde sur les connaissances et compétences qu'ils ont développées lors de la mise en œuvre de la suite de situations d'action et de formulation. Elle repose sur la comparaison du contenu de l'énoncé produit dans leurs échanges avec les caractéristiques de la figure à compléter. Pour cela, les élèves peuvent utiliser la figure comme support de preuve pragmatique de la validité du contenu de leur énoncé de règle d'action.

Exemples de production écrite attendue des élèves :

« Si tu as deux points, alors tu peux positionner ta règle sur les deux points pour tracer un segment. »

« Si tu as un segment aligné avec celui que tu cherches, alors tu peux positionner ta règle sur ce segment et le prolonger pour tracer la direction du segment cherché. »

La gestion de la « situation de validation » telle que nous allons la définir dans la section 3.3.2 prévoit que l'enseignant institutionnalise les règles d'action acceptées comme adéquates par les élèves lors de la « phase de validation ». Cette institutionnalisation générale a lieu à la fin de la « situation de validation » (voir Annexe 6, p.403).

3.2.4 Situation de décision proposée

Nous avons élaboré une « situation de décision » dans le but d'amener les élèves à produire un argument pour valider ou invalider une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment d'une figure donnée. Il s'agit ici pour les élèves de mobiliser les connaissances et compétences construites lors de la mise en œuvre de la suite de situations d'action, de formulation et de validation. Les arguments écrits attendus reposent sur le contrôle des conditions des règles d'action et sur le contrôle de la pertinence des concepts à mobiliser. Par exemple : « Non, la méthode n'est pas correcte parce que tu n'as pas posé ta règle sur le segment aligné avec celui cherché ».

3.2.4.a Dévolution de la consigne

L'enseignant met en œuvre une situation de rappel : il fait rappeler par les élèves le code d'utilisation géométrique de la règle, c'est-à-dire les règles d'action acceptées comme adéquates par les élèves et qu'il a institutionnalisées à la fin de la situation de validation.

Il présente ensuite la situation de décision.

« L’habillage de la situation » est le suivant :

Le directeur/la directrice a complété les six figures avec l’aide du code d’utilisation géométrique de la règle que nous lui avons transmis.

Vous allez vérifier s’il a correctement utilisé le code d’utilisation géométrique de la règle pour tracer les points et les segments manquants. Il faudra écrire pour quelle raison la méthode qu’il a réalisée est correcte ou non.

Deux exemples sont réalisés collectivement :

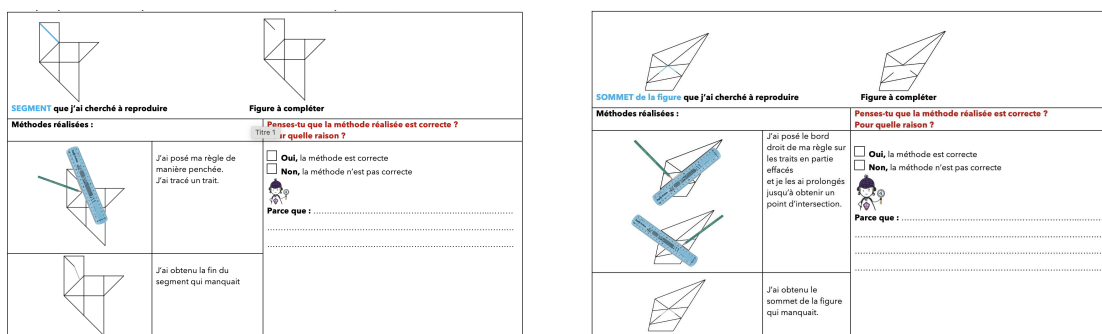


Figure 26: Restaurations réalisées collectivement pour dévoluer la consigne de la situation de décision

3.2.4.b Dévolution de la situation de décision

Consignes :

- Lire la méthode décrite, observer si la règle a correctement été positionnée ou pas pour reproduire un point ou un segment de la figure modèle.
- Se mettre d’accord : est-ce que la méthode utilisée est correcte ou pas ?
- Écrire pour quelle raison la méthode utilisée est correcte ou non.

Organisation de la classe :

- Groupes de 2 élèves.

Matériel :

- Fiche lexicale « mots de la géométrie » ;

Fiche avec les codes d’utilisation géométrique de la règle, institutionnalisés à la fin de la situation de validation ;

- 2 restaurations de figures à valider (2 fiches) ;

Chaque binôme d’élèves a eu deux restaurations à valider parmi les six proposées : une restauration où l’action instrumentée réalisée est adéquate, et une restauration où l’action instrumentée réalisée n’est pas adéquate. Concernant les actions instrumentées non adéquates, nous avons fait le choix de proposer les

actions instrumentées erronées des élèves réalisées lors de la mise en œuvre des situations d'action.

→ **Les restaurations des points ou segments à valider sont les suivantes :**

Restauration 1 et 2 à valider :

• Groupe 1 - Figure 2

Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	J'ai posé le bord droit de ma règle aux extrémités des traits. Ensuite j'ai tracé un trait perpendiculaire.	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	 Parce que :
	J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.		

• Groupe 1 - Figure 6

Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	J'ai posé le bord droit de ma règle sur les côtés en partie effacés. Je les ai prolongés pour obtenir un point d'intersection.	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	 Parce que :
	J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.		

Restauration 3 et 4 à valider :

• Groupe 2 - Figure 4

Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
	J'ai posé le bord droit de ma règle sur les deux points situés aux extrémités du segment cherché. J'ai tracé un trait droit pour relier les deux points.	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	 Parce que :
	J'ai obtenu le segment qui manquait.		

• Groupe 2 - Figure 2

Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	J'ai posé le bord droit de ma règle sur un point. Ensuite j'ai tracé un trait perpendiculaire.	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	 Parce que :
	J'ai obtenu le segment qui manquait.		

Restaurations 5 et 6 à valider :

• Groupe 3 - Figure 4

Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	J'ai posé le bord droit de ma règle de manière perpendiculaire. J'ai tracé un trait.	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	 Parce que :
	J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.		

• Groupe 3 - Figure 5

Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
	J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer. J'ai prolongé ce segment.	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	 Parce que :
	J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.		

Figure 27: Restaurations à valider par les élèves - situations de décision

Moyen de validation :

- La validation de l'énoncé écrit par les élèves se fonde sur les règles d'action institutionnalisées à la fin de la situation de validation, ainsi que sur les connaissances et compétences qu'ils ont développées lors de la mise en œuvre de la suite de situations d'action, de formulation. Elle repose sur la comparaison entre la représentation du point ou du segment réalisé et le contrôle des relations d'incidence et d'alignement à reproduire entre les points ou les segments. Elle repose aussi sur la comparaison entre l'action instrumentée réalisée et le contrôle des conditions des règles d'action à réaliser. Pour cela, les élèves peuvent utiliser la figure modèle, ainsi que son amorce, comme support de preuve pragmatique. Les élèves peuvent alors prendre appui sur le contenu de cette preuve

pragmatique pour écrire un argument susceptible de valider ou non l'action instrumentée réalisée par autrui.

Exemples d'arguments attendus des élèves :

« Non, la méthode n'est pas correcte parce que tu n'as pas posé ta règle sur le segment aligné avec celui cherché ».

« Oui, la méthode est correcte parce que tu as posé ta règle sur deux points ».

A la fin de la « situation de décision », l'enseignant met en relation les arguments produits avec les règles d'action institutionnalisées à la fin de la « situation de validation ». Il institutionnalise le fait que l'un des codes d'utilisation géométrique de la règle est à utiliser pour valider les actions instrumentées réalisées pour restaurer un point ou un segment d'une figure. (voir Annexe 6, p.403).

Nous venons donc de présenter les problèmes de restauration que nous avons élaborés au début de l'école élémentaire. Nous avons également présenté les différents types de situations que nous avons élaborés dans l'objectif d'amener les élèves à argumenter et à valider des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure.

Pour atteindre cet objectif, nous avons également besoin de préciser le rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre des situations. Dans ce qui suit, nous présentons les appuis théoriques qui sous-tendent nos choix.

3.3 Rôle de l'enseignant

Nous rappelons notre question de recherche concernant l'enseignant :

QR2 : Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ?

Cette question est en relation avec notre question de recherche concernant les élèves :

Dans le contexte de la restauration de figures,

QR1a : Quels types de schèmes mobilisent les élèves dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et compétences préalables à une pratique de la preuve au début de l'école élémentaire ?

L'élaboration de notre ingénierie de situations repose sur l'idée de mettre en relation connaître et prouver dans une perspective d'apprentissage. Nous avons

donc besoin d'identifier quelles interventions de l'enseignant peuvent avoir un impact dans le processus d'acquisition des connaissances des élèves. Nous avons également besoin d'identifier quelles interventions de l'enseignant peuvent agir sur l'engagement des élèves dans un processus de validation.

Nous présentons tout d'abord les apports théoriques que nous avons utilisés pour préciser le rôle de l'enseignant dans la gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation des connaissances et compétences. Nous présentons ensuite les apports théoriques que nous avons utilisés pour donner un rôle spécifique à l'enseignant dans la gestion des processus de validation. Pour étudier le rôle de l'enseignant, nous nous plaçons dans le cadre de la théorie des situations didactiques de Brousseau. Notre intention est d'étudier le contenu des interventions de l'enseignant dans la gestion de ces deux moments.

3.3.1 Rôle de l'enseignant attendu dans la gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation

Nous commençons par définir le rôle que nous attendons de l'enseignant dans la gestion des processus de dévolution et de l'institutionnalisation des connaissances et compétences visés dans la mise en œuvre des situations d'action. Nous définissons ensuite le rôle attendu de l'enseignant dans la mise en œuvre des situations de formulation, validation, décision.

→ Gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation dans la mise en œuvre des situations d'action

La définition d'un problème de restauration s'appuie sur le cadre théorique de la théorie des situations de Brousseau (1998). Nous nous inscrivons donc naturellement dans ce cadre et en adoptons sa dimension constructiviste :

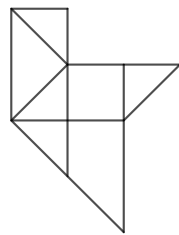
(...) l'enseignement consiste à provoquer chez l'élève les apprentissages projetés en le plaçant dans des situations appropriées auxquelles il va répondre spontanément par des adaptations. Il s'agit donc de déterminer quelles sont les adaptations qui correspondent au savoir et aux connaissances visées et à quelles circonstances elles répondent (Brousseau, 1990, p.323).

Nous avons besoin de préciser le rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre d'une situation pour observer les apprentissages visés dans les productions effectives des élèves. Pour cela, nous avons retenu des apports théoriques de Brousseau que le rôle de l'enseignant est tout d'abord de procéder à la dévolution des situations. Celle-ci se définit « comme l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage (didactique) ou d'un

problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » (Brousseau, 1990, p.325).

Ainsi, dans notre ingénierie de situations, pour favoriser la dévolution des situations d'action, nous avons prévu une première situation de familiarisation dans laquelle le concept de point n'est pas à mobiliser. Il ne s'agit donc pas de produire un point par l'intersection de deux demi-droites. Tous les points sont ici donnés.

Figure 1 :



Amorce :

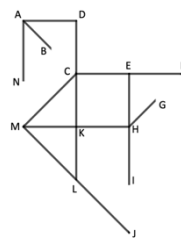


Figure 28: Problème élaboré pour la dévolution des problèmes de restauration de figures

Le rôle que nous attendons de l'enseignant dans cette situation est de tout d'abord expliquer la règle du jeu des problèmes de restauration de figures. Puis, pour en favoriser la compréhension, son rôle est d'inviter un élève à restaurer un des segments de la figure proposée. Les élèves restaurent ensuite individuellement la figure. Cette situation permet ainsi aux élèves de mettre en œuvre deux premières actions instrumentées : « relier deux points » ou/et « prolonger un segment »

Ensuite, nous avons défini la dévolution de l'ensemble des situations d'action. Le rôle donné à l'enseignant est de demander aux élèves de comparer la figure modèle et son amorce. L'enseignant invite alors les élèves à nommer et montrer les points et les segments qui manquent sur la figure modèle et sur son amorce. Il peut reformuler les termes utilisés par les élèves dans un langage géométrique. Le rôle de l'enseignant est ensuite d'engager les élèves à trouver comment utiliser la règle pour être sûr de réussir la restauration des segments et des points manquants de la figure modèle. Dans cette phase de recherche, le rôle de l'enseignant est alors d'observer les actions réalisées par les élèves. Il n'intervient que pour reformuler la consigne aux élèves.

Avant de préciser le rôle que nous attendons de l'enseignant à l'issue de la phase de recherche, nous poursuivons sur l'étude de la dévolution des situations. Nous adoptons la position de Perrin-Glorian (1993) et considérons la dévolution comme un processus qui se poursuit au-delà de l'action, voire au-delà d'une situation didactique.

Nous envisageons donc « la possibilité d'organiser une dévolution après-coup par un retour réflexif sur l'action » (Perrin-Glorian, 1993, p.83). Une première « dévolution après-coup » est organisée lors de la formulation des actions instrumentées trouvées par les élèves, pendant la « phase de validation ». Nous décrivons de quelle manière sera organisé ce « retour réflexif sur l'action » dans la partie suivante, consacrée au rôle de l'enseignant dans la gestion de la validation.

Nous avons également retenu des apports de Brousseau (1998) que le rôle de l'enseignant est d'institutionnaliser :

L'institutionnalisation porte aussi bien sur une situation d'action - on reconnaît la valeur d'une procédure qui va devenir un moyen de référence - que sur la formulation. Il y a des formulations qu'on va conserver (« ça se dit comme ça », « celles-là valent la peine d'être retenues ») Et pour les preuves de la même façon, il faut identifier ce qu'on retient des propriétés des objets qu'on a rencontrés (Brousseau, 1998, p.311).

Nous pouvons noter qu'il y a à la fois des procédures et des formulations à garder. Elles vont contribuer à construire un ensemble de savoirs partagés au sein de la classe que Brousseau (1998) appelle la « mémoire didactique » de la classe (p.323).

A propos de l'institutionnalisation, nous avons retenu « l'importance de certains équilibres à respecter lors de l'institutionnalisation sous peine d'un divorce avec la situation d'action qui ne peut plus servir de référence pour donner du sens au savoir institutionnalisé » (Perrin-Glorian, 1994, p.139). Nous avons également relevé que l'institutionnalisation des connaissances commence « dès le tout début de la dévolution puisqu'il faut déjà que le maître donne à l'élève, s'il ne l'a pas, le projet d'acquérir des connaissances, d'où l'imbrication des processus de dévolution et d'institutionnalisation » (Perrin-Glorian, 1993, p.83).

Nous prenons donc appui sur ces apports théoriques pour préciser le rôle de l'enseignant. Nous utilisons le fait de considérer l'institutionnalisation comme un processus qui se déroule tout au long d'une séquence d'enseignement.

Ainsi, dans notre ingénierie, ce projet est présenté aux élèves dès la mise en œuvre de la situation de familiarisation. La consigne est la suivante : « trouver comment utiliser la règle pour être sûr de réussir la restauration d'un point ou d'un segment de la figure ».

De plus, nous avons retenu que « (...) pour certains élèves au moins, l'institutionnalisation ne peut se faire que de façon très progressive avec de nombreux cycles contextualisation - décontextualisation » (Perrin-Glorian, 1993, p.83).

Perrin-Glorian (1993) définit ainsi trois étapes dans l'institutionnalisation :

- institutionnalisations locales dans un ou plusieurs contextes au sens où R. Douady (1984) utilise cette expression dans la description de la dialectique outil objet.

- réinvestissement d'un contexte dans un autre : institutionnalisation d'une liaison entre différents contextes ;
- cours construit par le professeur au sens traditionnel donnant un statut d'objet mathématique à certaines des notions rencontrées

Ces étapes concernent aussi bien des concepts que des pratiques, méthodes et représentations qui leur sont attachées dans les situations rencontrées. De plus elles ne correspondent pas entièrement à un ordre chronologique, le réinvestissement se plaçant tout au long avec des degrés de décontextualisation différents : dès que les élèves ont rencontré une première situation sur la notion, ils peuvent réinvestir des pratiques en reconnaissant une analogie entre 2 situations jusqu'après le cours où ils pourront peut-être réinvestir le savoir en tant qu'objet mathématique (Perrin-Glorian, 1993, p.83).

Par ailleurs, Perrin-Glorian (1993) ajoute qu'un « des temps forts dans le processus de dépersonnalisation et décontextualisation des savoirs construits en classe se situe au cours des bilans qui suivent une phase de recherche des élèves » (p.84).

Ainsi, dans notre ingénierie, nous proposons donc à l'enseignant de mettre en œuvre des « institutionnalisations locales » à la fin de chaque situation d'action et de formulation. Dans notre contexte, ce bilan se réalise après la validation par la classe des actions instrumentées proposées et acceptées comme adéquates pour réussir avec certitude la restauration d'un point ou un segment. Il s'agit d'institutionnaliser les méthodes et les représentations attachées aux concepts verbalisées dans la « phase de validation » des actions instrumentées proposées par les élèves. Les « institutionnalisations locales » permettront aux élèves de réinvestir les notions explicitées dans les situations qui vont suivre, en reconnaissant certaines analogies entre elles. Par exemple, l'action instrumentée « positionner la règle sur un segment donné et le prolonger » sera rapidement reconnue comme adéquate pour restaurer un segment. Les élèves pourront ainsi la mobiliser dans les autres problèmes de restauration proposés.

De plus, nous avons pris en considération les difficultés connues sur la gestion de l'institutionnalisation des connaissances par les enseignants (Butlen et al., 2010 ; Stylianides, 2016). Nous avons donc fait le choix de donner à l'enseignant le contenu des institutionnalisations locales associées à la mise en œuvre des situations d'action et de formulation. Nous avons alors suggéré à l'enseignant de prendre appui sur ce support pour mener les institutionnalisations locales des connaissances et compétences visées dans la résolution des problèmes proposés.

Pour renforcer la mise en œuvre du processus d'institutionnalisation dans les cycles de contextualisation-décontextualisation, nous utilisons également la notion de « situation de rappel de type 1 » définie par Perrin-Glorian (1993) :

Les situations de rappel de type 1 se placent peu après une situation d'action mais un autre jour, se distinguant ainsi du bilan. En essayant de dire collectivement ce qui s'est passé, quel problème a été traité, les élèves sont amenés à repenser le problème, les procédures de traitement envisagées dans la classe. Les élèves qui ne se sont pas construits une représentation mentale lors de la phase d'action trouvent là une nouvelle occasion et raison de le faire

puisqu'ils vont devoir parler de ce qui s'est passé et le décrire sans pouvoir agir à nouveau. Il se peut que pour certains élèves l'action soit à nouveau nécessaire mais elle est alors placée dans une nouvelle perspective : il faut agir non seulement pour trouver une solution mais aussi pour pouvoir en parler. D'une part il se produit alors une dépersonnalisation des solutions dans la mesure où elles sont reprises et exposées par d'autres élèves que ceux qui les ont trouvés, d'autre part il se produit une pré- décontextualisation : en reprenant à froid ce qui s'est passé, on élague les détails pour identifier ce qui est important. à cette occasion le sens caché, le rôle pour l'apprentissage de l'un ou l'autre des problèmes posés peut se révéler à certains élèves. En même temps, par le retour réflexif sur l'action que ces situations supposent, elle favorise la construction des représentations mentales pour les élèves (...) (Perrin-Glorian, M.J., 1993, p.85)

Perrin-Glorian (1993) ajoute que ce type de situation « remplit surtout les fonctions de dévolution après coup, donc d'homogénéisation de la classe et de dépersonnalisation des solutions avec l'institutionnalisation locale » (p.85).

Ainsi, dans notre ingénierie, nous proposons à l'enseignant de mettre en œuvre des « situations de rappel de type 1 » au début de chaque situation. Cette autre dévolution après-coup contribuera à la recontextualisation des connaissances dans le nouveau problème de restauration proposé.

Pour résumer, nous définissons donc le rôle que nous attendons de l'enseignant dans la gestion du double processus de dévolution et d'institutionnalisation des connaissances de la manière suivante :

L'enseignant :

- Phase 1 : organise une « situation de rappel de type 1 ». Faire rappeler par les élèves les connaissances et compétences mobilisées dans les situations précédentes ;
- Phase 2 : présente le problème de restauration à résoudre. Fait expliciter et identifier sur la figure les points et les segments manquants ;
- Phase 3 : engage les élèves dans la résolution du problème, observe les procédures des élèves. Reformule la consigne si nécessaire ;
- Phase 4 : organise une « dévolution après-coup » en amenant les élèves à réaliser un retour réflexif sur les raisons qui fondent la validation des actions instrumentées proposées ; (La gestion de la « phase de validation » par l'enseignant comprend des moments d'explicitation des connaissances ; elle est définie dans la partie 3.2.2).
- Phase 5 : gère l'institutionnalisation locale des connaissances et compétences mobilisées dans le contexte du problème proposé. Construit la « mémoire didactique » de la classe.

Nous présentons maintenant de quelle manière diffère la gestion de ces phases dans les autres types de situations.

→ **Gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation dans la mise en œuvre des situations de formulation**

Dans la situation de formulation, certaines phases diffèrent de la manière suivante :

- Phase 2 : l'enseignant explique les rôles de chacun des élèves dans la situation de formulation.

La dévolution du rôle d'élève-proposant et de l'élève contrôleur-traceur est facilitée par les modalités de formulation des actions et de mise à l'épreuve de ces dernières, adoptées dans la « phase de validation » menée par l'enseignant lors de la mise en œuvre des situations d'action. (La gestion de cette « phase de validation » est précisée dans la section 3.2.2).

- Phase 5 : l'enseignant gère l'institutionnalisation locale des formulations des connaissances et compétences dans le contexte du problème proposé. Poursuit la construction de la « mémoire didactique » de la classe.

→ **Gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation attendue dans la mise en œuvre de la situation de validation**

Nous avons conçu plusieurs problèmes à intégrer dans chacune des situations.

Dans la situation de validation, la dévolution s'opère à partir d'un exemple réalisé collectivement par l'enseignant :

- Phase 2 : l'enseignant organise la rédaction collective de la règle d'action associée à la production d'un point avec l'usage de la règle.
- Phase 3 : l'enseignant engage les élèves à écrire à leur tour les différentes règles d'action permettant de produire un segment ou la direction d'un segment avec l'usage de la règle.
- Phase 4 : l'enseignant organise une « phase de validation » des énoncés des règles d'action écrites ;
- Phase 5 : l'enseignant institutionnalise les règles d'action validées à la fin de la situation de validation. Cette institutionnalisation vient enrichir « la mémoire didactique » de la classe.

→ **Gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation attendue dans la mise en œuvre de la situation de décision**

Dans la situation de décision, la dévolution s'opère à partir de deux exemples réalisés collectivement par l'enseignant :

- Phase 2 : l'enseignant organise la validation collective de deux actions instrumentées. Un exemple où l'action instrumentée est valide, et un autre où elle ne l'est pas. Les arguments sont écrits collectivement au tableau. La

validation de ces actions instrumentées repose sur le contrôle d'une règle d'action.

- Phase 3 : l'enseignant engage les élèves à valider à leur tour deux actions instrumentées réalisées par autrui. La validation de ces actions instrumentées repose sur le contrôle d'autres règles d'action.
- Phase 4 : l'enseignant organise la validation des arguments proposés par les élèves pour valider ou non une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment de la figure ;
- Phase 5 : l'enseignant fait des liens entre les arguments acceptés et le répertoire didactique de la classe. Les élèves sont invités à expliciter quelles connaissances et compétences leur ont permis de valider les actions instrumentées proposées.

Nous venons de décrire le rôle de l'enseignant dans la gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation des connaissances et compétences visés dans la mise en œuvre de notre ingénierie.

Nous décrivons maintenant le rôle que nous avons défini pour l'enseignant dans la gestion du processus de validation des propositions des élèves.

3.3.2 Rôle de l'enseignant attendu dans la gestion du processus de validation des propositions des élèves

Notre ingénierie vise à amener les élèves à argumenter et valider des actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure. Pour atteindre cet objectif, notre intention est de définir dans cette partie le rôle de l'enseignant dans la gestion du processus de validation des différentes propositions d'un élève ou d'un binôme d'élèves. Dans ce qui suit, l'expression « proposition » réfère à une action instrumentée (situations d'action et de formulation), une règle d'action (situation de validation) ou un argument (situation de décision) proposé par un élève ou un binôme d'élèves.

Nous commençons par décrire le rôle de l'enseignant dans la gestion du processus de validation des propositions des élèves dans la mise en œuvre des situations d'action et de formulation. Nous décrivons ensuite son rôle dans la mise en œuvre des situations de validation, décision.

→ **Gestion des processus de validation dans la mise en œuvre des situations d'action et de formulation**

Nous présentons tout d'abord les différentes étapes que nous avons définies dans la gestion du processus de validation par l'enseignant. Nous indiquons ensuite les appuis théoriques que nous avons utilisés.

Nous avons défini quatre étapes :

Étape 1 : l'enseignant invite un élève, appelé « élève-proposant » à formuler une proposition. Par exemple, dans les situations d'action, il s'agit pour l'élève-proposant de formuler une proposition d'action instrumentée qui permette selon lui de réussir avec certitude la restauration d'un point ou d'un segment de la figure.

Étape 2 : l'enseignant organise la mise à l'épreuve du contenu de la proposition de l'élève-proposant.

Étape 3 : l'enseignant engage les élèves de la classe à discuter sur l'adéquation de la proposition de l'élève-proposant, à expliciter des arguments susceptibles d'être acceptés pour la valider.

Étape 4 : l'enseignant installe les règles d'un « dialogue argumentatif » au sein de la classe. Il amène les élèves de la classe à prendre appui sur la figure modèle ou son amorce pour produire des preuves pragmatiques de la validité ou non de la proposition de l'élève-proposant. Il les amène également à faire reposer la validité de la proposition de l'élève-proposant sur les connaissances et compétences institutionnalisées.

Étape 1 : inviter un élève à formuler une proposition

Nous faisons tout d'abord le choix d'organiser l'étape de verbalisation des propositions des élèves par la mise en œuvre d'une « situation de formulation » au sens de Brousseau. En effet, nous utilisons le fait que ce type de situation permet de « (...) mettre au point progressivement un langage que tout le monde comprend et qui prend en compte les objets et les relations pertinentes de la situation de façon adéquate » (Brousseau, 1998, p.36). Nous utilisons aussi le fait que « la construction d'un tel langage ou code (répertoire, vocabulaire, quelquefois syntaxe) en langue ordinaire ou en langage formalisé rend possible l'explicitation des actions » (Brousseau, 1998, p.36). Notre choix s'appuie enfin sur le fait que « la collaboration et la communication avec autrui, pair ou adulte plus expert, est essentielle dans la formation des schèmes et des conceptualisations nécessaires à la réussite » (Vergnaud, 2001/2, p. 122).

Pour nous, au regard des objectifs que nous visons pour les élèves, favoriser la formulation des actions par les élèves et leur reformulation par l'enseignant est essentiel dès la mise en œuvre des situations d'action. D'une part, la mise en

œuvre d'une situation de formulation orale avec l'enseignant va permettre d'anticiper les phases d'institutionnalisations locales des connaissances et des compétences mobilisées en acte. D'autre part, elle va également permettre d'agir sur les conceptualisations et les schèmes que nous souhaitons faire émerger chez les élèves.

En lien avec la gestion du processus de validation, notre choix repose aussi sur le fait qu'une situation de formulation amène l'élève à faire des propositions verbales susceptibles d'être discutées par un autre élève. Ce dernier peut par exemple manifester son incompréhension (Brousseau, 1998, p.35). A ce propos, dans le contexte de la géométrie, cette modalité de communication où un élève instructeur formule des consignes de tracé et un autre constructeur les met en œuvre à l'aide d'instruments est appelée « dyade » dans les travaux de Petitfour (2015). Barrier et Petitfour (2019) ont mené une recherche concernant la potentialité d'un travail en « dyade » dans le cadre de l'analyse de l'action instrumentée des élèves. Ils ont montré que la dyade permet à l'élève instructeur « de bénéficier de façon immédiate de rétroactions immédiates données par les actions du constructeur » (Barrier et Petitfour, 2019, p.17). Ces rétroactions permettent notamment à l'instructeur d'améliorer le contenu de son instruction.

Ainsi, dans notre ingénierie, nous faisons le choix d'adopter la modalité de communication en « dyade ». Nous proposons donc à l'enseignant de mettre en œuvre une situation de formulation orale à autrui lors de la verbalisation des propositions des élèves. Cette situation permettra de mettre au point progressivement un langage partagé compréhensible au sein de la classe.

Nous définissons donc un premier rôle pour l'enseignant dans la gestion de la phase de verbalisation des propositions des élèves :

→ Pour cela :

- « L'élève-proposant » formule à l'enseignant sa proposition.
- L'enseignant réalise l'action instrumentée formulée par l'élève-proposant.

Étape 2 : mettre à l'épreuve l'adéquation de la proposition de l'élève

Nous avons maintenant besoin de définir la modalité à adopter pour organiser la validation par les élèves de la classe de la proposition d'un élève. Nous utilisons tout d'abord le fait que dans une « situation de formulation », « les propositions peuvent ... être discutées « du point de vue de la validité du contenu (c'est-à-dire sa vérité ou son efficacité) » (Brousseau, 1998, p.36). Ces moments de discussions spontanées sur la validité des actions sont appelés des « phases de validation » par Brousseau (1998, p.36).

Ainsi, nous utilisons la possibilité d'organiser ces « phases de validation » pour donner à l'enseignant la possibilité d'organiser au sein de la classe des moments de discussion à propos de la validité du contenu de la proposition d'un élève.

Concernant la validation, nous utilisons la définition donnée par Balacheff (2011) :

La validation renvoie à la construction de raisons pour accepter un énoncé spécifique dans un cadre accepté façonné par des règles et d'autres énoncés déjà acceptés. Dans cette perspective, la validation mathématique recherche une preuve absolue dans un cadre explicite et complètement déterminé, et peut donc se permettre une prétention à la certitude comme principe fondateur (Balacheff, 2011, p.3).

Nous prélevons de cette définition la notion de certitude donnée comme principe fondateur à propos de la validation.

Ainsi, nous faisons le choix de poser l'enjeu de certitude dans les situations d'action pour engager les élèves dans un processus de validation. La consigne donnée aux élèves est donc de trouver comment utiliser la règle pour réussir avec certitude la restauration des points et des segments de la figure modèle proposée.

Concernant la validation, nous utilisons également le fait que « l'une des finalités d'un processus de preuve peut être exprimée comme étant d'assurer l'absence de contradictions formelles ou sémantiques dans la solution d'un problème » (Balacheff, 1987, p.3).

Ainsi, pour amener les élèves à dépasser la perception visuelle comme moyen de validation des segments ou points restaurés, nous faisons le choix de donner à l'enseignant la responsabilité de mettre à l'épreuve les propositions des élèves. Son rôle consiste alors à montrer des contradictions éventuelles dans le contenu de la proposition d'un élève-proposant. Nous avons alors besoin de caractériser les contradictions à faire réaliser par l'enseignant.

Pour cela, nous utilisons à nouveau les résultats de la recherche menée par Barrier et Petitfour (2019) sur la potentialité d'un travail en « dyade » dans le cadre de l'analyse de l'action instrumentée des élèves. En effet, afin de renforcer l'opportunité offerte par les rétroactions au sein d'une dyade, ils ont identifié une règle pour le constructeur : « celle qui consiste à faire le moins probable » tout en respectant l'instruction » (Barrier et Petitfour, 2019, p.17).

La règle proposée par Barrier et Petitfour (2019) peut être un moyen à mobiliser par l'enseignant pour assurer l'absence de contradictions de la proposition de l'élève-proposant devant toute la classe. Nous l'utilisons donc dans la définition du rôle de l'enseignant.

→ **Ainsi**, dans notre ingénierie, nous prenons appui sur les apports théoriques ci-dessus pour définir un deuxième rôle pour l'enseignant. À la suite de la formulation de la proposition de l'élève, nous demandons à l'enseignant d'organiser une « phase de validation » au sens de Brousseau (1998) :

- L'élève-proposant formule à l'oral une action instrumentée à réaliser qui permet selon lui de réussir avec certitude la restauration d'un point ou un segment de la figure ;

- L'enseignant-contrôleur met à l'épreuve l'action instrumentée proposée.

Si le contenu de la proposition de l'élève est valide, il réalise l'action instrumentée proposée.

Si le contenu de la proposition de l'élève n'est pas valide, il réalise l'action instrumentée la moins probable, tout en respectant le contenu de la proposition de l'élève, pour montrer la présence d'une contradiction dans cette dernière.

Étape 3 : organiser la discussion sur la validité du contenu de la proposition

L'enseignant vient de réaliser une d'action instrumentée formulée par un élève-proposant. Il peut avoir réalisé l'action la moins probable, de manière à montrer une contradiction dans le contenu de l'action instrumentée formulée. Nous avons maintenant besoin de préciser le rôle de l'enseignant pour qu'il puisse poursuivre l'avancée du processus de validation de la proposition d'un élève-proposant. Pour cela, nous utilisons le fait que « lorsque la prise de conscience de l'échec survient, par exemple sous la pression d'un fait reposant sur une contradiction, « le premier progrès décisif sera de poser le problème des conditions de validité de l'action ou de son adéquation » (Balacheff, 1987, p.18). Nous utilisons également le fait que « c'est cet événement qui initiera la genèse du théorème-en-acte en engageant la construction du prédicat associé à l'action » (Balacheff, 1987, p.18).

Pour nous, cet événement associé à la genèse du théorème-en-acte et la construction du prédicat associé à l'action est essentiel pour agir sur le développement des schèmes des élèves. Nous faisons donc le choix de donner à l'enseignant le rôle de poursuivre en engageant les élèves à discuter « du point de vue de la validité du contenu (c'est-à-dire sa vérité ou son efficacité) » (Brousseau, 1998, p.36). Notre choix s'appuie également sur le fait que ces discussions vont permettre d'agir sur les deux niveaux de conscience que nous avons retenus de Vergnaud (2001/2) : celui qui permet de faire et qui conditionne la réussite (conscience avant), et celui qui permet de revenir sur les raisons de la réussite ou de l'échec, et qui conditionne la stabilisation et l'explicitation des connaissances (conscience après). En effet, selon Vergnaud, la « conscience avant » est nécessaire pour réussir, la « conscience après » pour comprendre et débattre avec autrui des conditions de la réussite. (Vergnaud, 2001/2, p.121). Enfin, notre choix reste aussi guidé par notre besoin de mettre en relation connaître et prouver. Nous utilisons ici le fait qu'une des fonctions du langage est de « rendre explicite ce qui n'était qu'implicite, et lui donner ainsi un caractère public, qui permet de le soumettre au débat et à la preuve. » (Vergnaud, 1991, p.85).

Ainsi, dans notre ingénierie, nous faisons le choix de donner à l'enseignant un rôle pivot dans l'organisation de la discussion des élèves de la classe à propos des conditions de validité de la proposition d'un élève.

→ Nous définissons donc un troisième rôle pour l'enseignant :

Après avoir réalisé l'action instrumentée proposée par un élève, ou après avoir montré une contradiction dans le contenu de cette proposition :

- engager les élèves de la classe à prendre position sur l'adéquation de la proposition d'un élève-proposant pour restaurer un point ou un segment et à expliciter des arguments susceptibles d'appuyer la validité du contenu de cette proposition.

Dans ce qui suit, nous utilisons la définition d'un « argument » donnée par Plantin (1996) : « argumenter, c'est adresser à un interlocuteur un argument, c'est-à-dire une bonne raison, pour lui faire admettre une conclusion et l'inciter à adopter les comportements adéquats » (p.24). Pour Plantin (1990), un énoncé a « une valeur de raison, voire de vérité dès lors qu'un individu l'accepte ».

Étape 4 : installer les règles d'un « dialogue argumentatif », faire reposer la validation par les élèves de l'adéquation d'une action instrumentée sur des arguments en relation avec des connaissances et des compétences

L'enseignant vient donc d'engager les élèves à prendre position sur l'adéquation d'une proposition et à expliciter des arguments susceptibles d'appuyer la validité de la proposition d'un élève. Nous avons donc maintenant besoin de préciser de quelle manière l'enseignant peut gérer et accepter les arguments proposés par les élèves pour valider l'adéquation d'une action instrumentée.

En effet, nous utilisons le fait que la formulation d'un « argument » par l'élève est proche d'une explication au sens de Balacheff, c'est-à-dire « (...) un discours visant à rendre intelligible le caractère de vérité, acquis pour le locuteur, d'une proposition ou d'un résultat. Les raisons avancées peuvent être discutées, refusées ou acceptées » (Balacheff, 1987, p.2). Nous utilisons alors le fait que cette explication peut prendre le statut de preuve lorsqu'elle « (...) est acceptée par une communauté donnée à un moment donné. Cette décision peut être l'objet d'un débat dont la signification est l'exigence de déterminer un système de validation commun aux interlocuteurs » (Balacheff, 1987, p.2). Pour identifier sur quels critères un argument peut être accepté par les élèves de la classe ainsi que par l'enseignant, nous avons donc besoin de déterminer le système de validation commun aux élèves de la classe et à l'enseignant. Concernant ce système de validation, la définition que nous avons retenue de Balacheff (1987) montre qu'il s'agit pour l'enseignant d'installer un certain cadre façonné par des règles pour accepter les arguments proposés par les élèves. Nous avons donc ici besoin de préciser les règles à installer dans la classe par l'enseignant pour organiser

l'acceptation des arguments proposés par les élèves, c'est-à-dire de préciser sur quels critères accepter les arguments proposés par les élèves. Pour nous, cette condition est nécessaire pour observer à terme les élèves argumenter sur des bases acceptables et valider les actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure.

Pour cela, nous utilisons la proposition de travail de l'argumentation, fondée sur la notion de « dialogue argumentatif », proposée par Plantin (1996, p.20).

Il précise quatre stades dans le fonctionnement du dialogue argumentatif :

- Premier stade : une proposition

Le locuteur produit un discours minimal exprimant un point de vue, une Proposition. [...]. Celle-ci, une fois appuyée par des données, deviendra la conclusion (C) de l'argumentation (voir stade 4). Le locuteur qui avance la proposition est appelée le Proposant.

- Deuxième stade : une opposition

Cependant, en avançant cet énoncé, le locuteur s'est exposé à l'incompréhension ou à la contestation de son interlocuteur, qui peut s'exprimer de façon plus ou moins virulente. Un certain nombre d'interrogations canoniques, qui vont du doute au rejet, se manifestent. L'interlocuteur qui met en doute la proposition avancée par le proposant et lui oppose un contre-discours est appelé l'Opposant. L'argumentation suppose que l'on se demande si telle proposition est fondée. Il doit y avoir doute, mise en doute, mise en question d'une proposition, divergence d'opinion, et finalement, opposition de discours. Il ne peut y avoir argumentation que s'il y a désaccord sur une position, c'est-à-dire confrontation d'un discours et d'un contre-discours. [...]. Le développement d'une argumentation ne peut se faire que sous certaines conditions, à la fois culturelles et individuelles, et qu'il supporte sinon une société démocratique, du moins une « situation démocratique ».

- Troisième stade : une question

S'étant ainsi heurté à une opposition, la proposition est problématisée, mise en question, et il s'en dégage le thème du débat, la question.

- Quatrième stade : des arguments

Le proposant peut défendre son point de vue en s'appuyant sur des faits susceptibles de lui donner raison. Il va donc enchaîner sur la question en présentant un certain nombre de données (D) justifiant la proposition de départ. [...].

Mais, pour que la donnée justifie réellement la Proposition, encore faut-il saisir le rapport entre ces deux affirmations. Si (D) et (C) restent sans lien, l'Opposant ne comprend pas comment on peut conclure. Il ne saisit pas le principe qui rend ces énoncés pertinents. Qu'est ce qui légitime le passage, qu'est ce qui autorise à « sauter le pas » de (D) à (C) ?

A cette question de l'opposant, le proposant doit répondre en fournissant une loi (L) - règle, principe général, « licence d'inférer », capable de servir de fondement à ce passage, en jetant en quelque sorte un « pont » entre la donnée et la conclusion. Lorsque que les données sont soutenues par une loi de passage adéquate, les données prennent le statut d'argument, et la Proposition le statut de conclusion (Plantin, 1996, pp.20-22).

Nous identifions dans ces quatre stades des liens avec les différentes étapes et rôles de l'enseignant que nous venons de définir dans la gestion du processus de validation. Si nous nous plaçons dans les situations d'action, la relation entre ces stades et nos étapes se traduisent de la manière suivante :

- « Premier stade - une proposition » : moment où l'enseignant invite un élève à formuler une proposition d'action instrumentée qui permet selon lui de réussir avec certitude la restauration d'un point ou d'un segment avec certitude.

- « Deuxième stade - une opposition » : moment où l'enseignant met à l'épreuve la proposition de l'élève. Les contradictions menées représentent des oppositions concernant l'adéquation du contenu de l'action instrumentée proposée.
- « Troisième stade - une question » : moment où l'enseignant engage les élèves à proposer des arguments susceptibles d'être acceptés pour la validation ou non du contenu de la proposition.
- « Quatrième stade - des arguments » : moment où l'enseignant installe des règles de discussion pour accepter et valider l'adéquation du contenu d'une proposition.

Dans la suite de notre travail, nous adoptons la terminologie de Plantin et utilisons le terme « stade » à la place du terme « étape ».

Afin de préciser les règles à installer par l'enseignant pour organiser l'acceptation des arguments proposés par les élèves, nous utilisons alors la notion de « loi de passage » indiquée par Plantin (1996) dans sa définition du « quatrième stade » d'un dialogue argumentatif. Nous avons besoin de préciser un critère qui permette de fonder le passage « d'un fait (une donnée) » proposé par un élève à la conclusion « oui, cette proposition d'action instrumentée convient, elle est vraie » ou « Non, cette proposition ne convient pas, elle est fausse ».

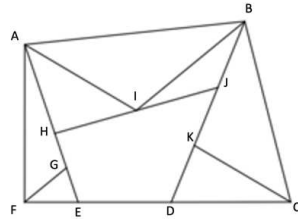
Pour Plantin, c'est lorsque « le fait (la donnée) » est soutenu par une « loi de passage adéquate », que le fait prend le « statut d'argument ».

Si nous revenons à notre définition de l'étape 3, l'enseignant vient de mettre en œuvre l'action la moins probable pour montrer une contradiction dans l'action instrumentée formulée par l'élève-proposant. Nous rappelons que nous avons fait ce choix parce que c'est cette contradiction qui « (...) va initier la genèse du théorème-en-acte en engageant la construction du prédicat associé à l'action » (Balacheff, 1987, p.18). Nous identifions dans la notion de théorème-en-acte un critère sur lequel fonder une « loi de passage » qui repose sur des connaissances et des compétences. En effet, nous utilisons le fait que « certains invariants de type « propositions », comme les théorèmes-en-acte, sont susceptibles d'être vrais ou faux. (Vergnaud, 1991, p.142) Nous utilisons également le fait qu'il existe « des invariants de type arguments » (Vergnaud, 1991, p.142). Ces derniers résultent de l'instanciation des valeurs des variables didactiques d'une situation.

Dans notre contexte, nous en déduisons que la vérification de la valeur de vérité du théorème-en-acte implicitement mobilisé par l'élève-proposant peut être un critère sur lequel fait reposer l'acceptabilité des arguments proposés par les élèves de la classe. Dans la résolution des problèmes que nous avons élaborés, les théorèmes-en-acte sous-jacents à la construction des règles d'action associées à « l'usage géométrique de la règle » sont : « un segment est porté par une ligne droite » et « par deux points, il passe une droite ».

Nous prenons appui sur l'exemple de ce problème pour expliciter notre proposition :

Figure 4 :



Amorce :

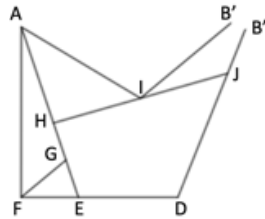


Figure 29: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3

Si nous considérons la restauration du segment [KC] :

« Premier stade - une proposition » : un élève-proposant pourrait proposer de positionner la règle dans une direction approximative pour tracer le segment [KC].

« Deuxième stade - une opposition » : l'enseignant montre une contradiction dans le contenu de la proposition de l'élève-proposant : il positionne la règle dans une direction très contradictoire à celle du segment [KC] cherché.

« Troisième stade - une question » : l'enseignant engage les élèves de classe à se positionner sur l'adéquation du contenu de l'action proposée, à expliciter des arguments susceptibles de leur donner raison.

« Quatrième stade - des arguments » : l'enseignant fait reposer l'acceptation des arguments proposés par les élèves de la classe sur la vérification de la valeur de vérité d'un théorème en acte.

Deux cas sont possibles :

1-Un élève peut connaître les conditions nécessaires à l'adéquation d'une action instrumentée. Il peut proposer l'argument suivant : « l'élève-proposant n'a pas indiqué sur quel segment ou sur quels points positionner la règle ; il faut un segment ou deux points pour positionner la règle ».

L'enseignant peut alors faire vérifier cet argument en amenant les élèves à identifier sur quoi est positionnée la règle sur la figure à compléter. Les élèves identifient ainsi, dans notre exemple, que la règle n'est positionnée ni sur un segment, ni sur deux points. Par conséquent, les « théorèmes-en-acte » mobilisés par l'élève ont une valeur fautive. Cette vérification en acte de l'argument proposé permet de l'accepter et de conclure sur la non-adéquation de l'action instrumentée proposée.

2- Un autre élève peut proposer comme argument la réalisation d'une autre action instrumentée : celle de positionner la règle sur le segment [AI] pour tracer la direction du segment [KC]. L'enseignant pourrait alors demander aux élèves d'identifier sur la figure modèle pourquoi il est pertinent de positionner la règle sur le segment [AI] pour obtenir la direction du segment [KC]. Ainsi, il serait possible d'observer les élèves expliciter et montrer, en acte, sur la figure, la

relation existante entre le segment donné [AI] et le segment cherché [KC]. Ainsi, la valeur de vérité du théorème-en-acte sous-jacent à la proposition d'une autre action instrumentée serait vérifiée par les élèves. Cette vérification permet alors d'accepter l'argument : « il faut positionner la règle sur le segment [AI] » Cet argument permet de conclure que l'action instrumentée associée peut être validée comme étant adéquate pour réussir la restauration de la direction du segment [KC].

Ainsi, le critère que nous définissons pour fonder la « loi de passage » est d'organiser la vérification et l'explicitation des conditions des règles d'action associées à l'usage géométrique de la règle (c'est-à-dire, implicitement, vérifier la valeur de vérité du théorème-en-acte sous-jacent à la mise en œuvre d'une règle d'action).

Ces vérifications constituent les critères sur lesquels l'enseignant fait reposer la validation par les élèves de la classe de l'adéquation de l'action instrumentée proposée par un élève-proposant.

Nous définissons le rôle de l'enseignant de la manière suivante :

- Orienter la recherche des arguments par les élèves sur la vérification des conditions de la règle d'action mobilisée. Prendre appui sur la contradiction menée pour faire vérifier et expliciter les conditions de la règle d'action non remplies.

- Relancer la recherche des élèves sur le contenu d'une règle d'action à mobiliser, à proposer une autre action instrumentée à réaliser.

Si le contenu de la nouvelle action instrumentée proposée est à nouveau inadéquat : mettre à nouveau en œuvre les interventions de l'étape 2 / stade 2.

Si le contenu de la nouvelle action instrumentée proposée est adéquat : amener les élèves de la classe à prendre appui sur la figure modèle pour expliciter pourquoi le contenu de cette autre proposition serait adéquate. Le but étant de faire émerger les relations existantes entre les points et segments donnés sur la figure et ceux cherchés. Pour nous, ce moyen est susceptible de permettre de faire émerger progressivement les prédicats des théorèmes-en-acte sous-jacents aux règles d'action à mobiliser.

→ **Gestion du processus de validation dans la mise en œuvre de la situation de validation**

Le contenu des « quatre stades du dialogue argumentatif » à mener par l'enseignant repose sur les caractéristiques de la situation proposée.

Dans la mise en œuvre de la situation de validation, ils se traduisent de la manière suivante :

« Premier stade - une proposition » : un binôme-proposant lit sa proposition de règle d'action

« Deuxième stade - une opposition » : l'enseignant engage les élèves de la classe à se positionner sur la validation de l'énoncé de la règle d'action proposé. Il recueille les oppositions éventuelles.

« Troisième stade - une question » : l'enseignant engage les élèves de la classe à expliciter des arguments susceptibles de valider ou non l'énoncé de la règle d'action proposée.

« Quatrième stade - des arguments » : l'enseignant fait tout d'abord reposer l'acceptation des arguments proposés par la vérification en acte, sur la figure à compléter, des conditions indiquées dans l'énoncé de la règle d'action. L'enseignant fait ensuite reposer l'acceptation des arguments par la mise en œuvre effective de l'énoncé de la règle d'action sur l'une des figures proposées en exemple. Cela permet de vérifier, en acte, que la règle d'action permet de réussir la restauration d'un segment ou d'un point de la figure modèle.

Ces vérifications constituent les critères sur lesquels l'enseignant fait reposer la validation par les élèves de la classe de l'énoncé d'une règle d'action proposé par un binôme d'élèves.

→ **Gestion du processus de validation dans la mise en œuvre des situations de validation et de décision**

Le contenu des « quatre stades du dialogue argumentatif » à mener par l'enseignant repose à nouveau sur les caractéristiques de la situation proposée.

Dans la mise en œuvre de la situation de décision, ils se traduisent de la manière suivante :

« Premier stade - une proposition » : un binôme-proposant lit l'argument qu'il propose pour valider ou non une action instrumentée réalisée par autrui.

« Deuxième stade - une opposition » : l'enseignant engage les élèves de la classe à se positionner sur la validation de l'argument proposé. Il recueille les oppositions éventuelles.

« Troisième stade - une question » : l'enseignant engage les élèves de classe à expliciter des arguments susceptibles de valider ou non l'argument proposé par le binôme-proposant.

« Quatrième stade - des arguments » : l'enseignant fait reposer l'acceptation des arguments proposés par des vérifications en acte, de l'adéquation entre le contenu de l'énoncé de l'argument et les conditions de la règle d'action effectivement mobilisées dans l'action instrumentée à valider. Ces vérifications peuvent s'effectuer sur la figure complétée pour identifier si les conditions de la règle d'action à mobiliser sont remplies. Elles peuvent s'effectuer aussi sur la figure modèle pour identifier la relation existante entre le point ou le segment à restaurer

et les informations à sélectionner pour conduire l'action instrumentée de manière adéquate.

Ces vérifications constituent les critères sur lesquels l'enseignant fait reposer la validation, par les élèves de la classe, des arguments proposés par les binômes d'élèves pour valider ou non une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment de la figure.

Nous venons de préciser nos attentes concernant le rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre de notre ingénierie. Une proposition de gestion de la dévolution et de l'institutionnalisation des connaissances et compétences visées dans chacune des situations a été précisée, ainsi que pour la gestion de "la phase de validation" des différentes propositions des élèves. Nous avons notamment détaillé les différentes interventions possibles dans les quatre stades d'un "discours argumentatif" qui vont composer les "phases de validation" de chaque type de situation. Dans la suite de notre étude, nous appelons le jeu mené par l'enseignant : "le jeu de la validation".

Nous poursuivons maintenant sur la présentation des appuis théoriques mobilisés dans l'élaboration de notre ingénierie de situations.

3.4 Élaborer une dialectique de situation d'action, de formulation, de validation et de décision

Nous rappelons que nous cherchons à élaborer une ingénierie de situations dans le but de favoriser l'émergence chez les élèves de schèmes fonctionnels pour restaurer une figure, mais aussi de schèmes fonctionnels pour argumenter et valider les actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure. Nous avons donc besoin d'élaborer des situations spécifiques pour atteindre cet objectif. Pour cela, nous prenons appui sur les classifications et les conditions proposées dans la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) pour élaborer une dialectique entre une suite de situations d'action, de formulation et de validation. Nous prenons également appui sur les apports de Balacheff (1987, 2011, 2014) pour mettre en relation connaître et prouver dans une perspective d'apprentissage.

Brousseau (1998) distingue divers types de situations d'apprentissage en élaborant plusieurs classifications : une classification des interactions du sujet avec le milieu, une classification des types d'organisation avec ce milieu et une

classification des types de fonctionnement d'une connaissance. Lorsque ces classes sont élaborées, il dit qu'elles doivent se correspondre et s'organiser en hyposystème : « un certain type d'interaction est spécifique d'un type d'organisation sociale et matérielle, il favorise une certaine forme de connaissance et peut ainsi la faire évoluer » (Brousseau, 1998, p.97). Il ajoute que les hyposystèmes identifiés ont pour but d'anticiper et d'expliquer certaines relations entre les interactions que l'on observe (ou que l'on veut obtenir), les connaissances que l'on constate ou dont vise l'acquisition, des contraintes créées par le milieu.

Dans ce qui suit, nous prenons appui sur les trois classifications établies par Brousseau (1998) pour élaborer une dialectique de situations d'action, de formulation, de validation pour engager les élèves dans un processus d'apprentissage des connaissances visées dans la famille de problèmes que nous avons élaborée. Pour chaque type de situations, nous utilisons les apports théoriques de Balacheff pour engager également les élèves dans un processus de preuve et de validation.

3.4.1 Action : situation, dialectique

Dans une situation d'action, Brousseau appelle « (...) « milieu » tout ce qui agit sur l'élève et sur ce quoi l'élève agit. Elle ne peut comporter ni professeur, ni autre élève » (Brousseau, 1998, p.32). Nous en déduisons qu'au niveau de l'organisation sociale et matérielle, le milieu est matériel et l'élève agit seul : il interagit avec le milieu dans lequel il se trouve. Brousseau (1998) indique que ces interactions sont constituées d'« (...) échanges d'informations non codées ou sans langage » (p.98). A propos des formes de connaissances qui contrôlent les interactions du sujet, il dit qu'elles sont implicites : « les représentations, les schèmes, les savoir-faire ... s'expriment sur un mode ... "procédural" » (ibid., p.98). Nous notons donc qu'à ce stade, l'élève met en œuvre des actions pour résoudre le problème qui lui est posé.

Aussi, selon Brousseau (1998), « la suite des « situations d'action » va constituer le processus par lequel l'élève va fabriquer des stratégies, c'est-à-dire « s'apprendre » une méthode de résolution de son problème » (p.33). Brousseau appelle cette succession d'interactions entre l'élève et le milieu la « dialectique de l'action ». Bosch et Perrin (2013) indiquent quant à elles que « la dialectique de l'action, jointe au jeu sur les variables didactiques, vise à créer les connaissances nouvelles nécessaires en s'appuyant sur les connaissances anciennes disponibles » (p.269).

Dans notre contexte, nous mobilisons ces apports théoriques de la manière suivante :

une situation d'action est donc une situation dans laquelle l'élève résout un problème de restauration de figure avec la règle comme seul instrument mis à disposition.

Concernant l'organisation sociale et matérielle, le milieu matériel est constitué de la figure modèle, son amorce et la règle. L'élève interagit seul : il va produire des actions instrumentées avec la règle pour compléter l'amorce dans le but de reproduire une figure modèle donnée. Concernant les formes de connaissances qui vont progressivement contrôler les interactions de l'élève, elles sont implicites : les représentations sur les concepts de point et segment, les schèmes, s'expriment sous la forme d'actions instrumentées comme : prolonger un segment, relier deux points, reproduire une relation d'alignement.

De plus, nous rappelons que nous avons donné trois valeurs à la variable didactique « amorce » pour initier la construction du concept-en-acte de point défini par l'intersection de deux demi-droites. Nous avons donc besoin de mettre en œuvre une « dialectique de l'action » composée d'au moins trois situations d'action pour construire l'ensemble des connaissances associées. Ainsi, au fur et à mesure de la résolution des problèmes proposés, l'élève va développer des règles d'action, c'est-à-dire identifier les informations à sélectionner sur la figure modèle et son amorce pour restaurer adéquatement un point ou un segment avec la règle. Ces échanges d'informations sont sans langage. L'élève peut par exemple identifier sur quels points de l'amorce (ou sur quel segment) positionner la règle. Il peut aussi identifier la relation d'alignement existante entre un segment donné et un segment cherché sur la figure modèle.

Il nous faut à présent préciser comment engager l'élève dans un processus de validation. Nous rappelons tout d'abord les définitions que nous avons retenues concernant la validation et la notion de preuve :

La validation renvoie à la construction de raisons pour accepter un énoncé spécifique dans un cadre accepté façonné par des règles et d'autres énoncés déjà acceptés. Dans cette perspective, la validation mathématique recherche une preuve absolue dans un cadre explicite et complètement déterminé, et peut donc se permettre une prétention à la certitude comme principe fondateur (Balacheff, 2011, p.3).

Une preuve est quant à elle définie comme « une explication acceptée par une communauté donnée à un moment donné. Cette décision peut être l'objet d'un débat dont la signification est l'exigence de déterminer un système de validation commun aux interlocuteurs » (Balacheff, 1987, p.2).

Pour engager les élèves dans un processus de validation, nous utilisons tout d'abord l'enjeu de certitude comme levier. Nous notons également le fait qu'une preuve est une explication acceptée par une communauté donnée à un moment donné. Nous avons alors besoin d'identifier comment amener les élèves à produire une explication, sur quel contenu la faire reposer, et comment organiser son acceptation pour lui donner le statut de preuve.

Nous utilisons ensuite le fait que la finalité d'une preuve « peut être exprimée comme étant d'assurer l'absence de contradictions formelles ou sémantiques dans la solution d'un problème » (Balacheff, 1987, p.3). Nous utilisons aussi le fait que les « raisons de l'identification ou de l'absence d'identification d'une contradiction sont à chercher dans la nature même des connaissances mobilisées par les élèves » (Balacheff, 1987, p.3). Balacheff (2011) met ainsi en évidence que « connaître et prouver sont étroitement liés » (p.11). Il ajoute alors que « le niveau de preuve qui peut être atteint est borné par le niveau de connaissance disponible » (ibid., p.16).

Pour mettre en relation connaître et prouver dans un processus d'apprentissage, nous prenons appui sur la possibilité de mettre en arrière-plan le fait de réussir à résoudre un problème, pour mettre en premier plan le fait « de savoir comment la validité d'une solution peut être assurée » (Balacheff, 2011, p.17). L'élève est ainsi amené à résoudre un problème tout en se préparant à effectuer ensuite « un pas de côté grâce auquel l'action est considérée comme susceptible d'une réflexion voire d'un discours » (Balacheff, 1987, p.5). Nous notons ici l'importance d'organiser ces « pas de côté » pour amener les élèves à produire collectivement des explications quant à la validité de leurs actions.

Ces différentes propositions nous amènent à adapter la règle du jeu des problèmes de restauration de figures de manière à initier l'engagement des élèves dans un processus de validation :

Ainsi, dans notre dialectique de l'action, le jeu est le suivant :

Phase 1 - jeu à 1 élève : « recherche des actions instrumentées adéquates possibles »

Trouver comment positionner la règle de manière adéquate pour être sûr de réussir la restauration d'une figure modèle donnée.

Le but étant de faire ensuite éprouver l'adéquation des actions trouvées par l'enseignant.

Moyen de validation :

La validation des actions instrumentées par l'élève repose sur la perception visuelle : l'élève prend appui sur une appréciation perceptive et visuelle de

l'adéquation d'une action instrumentée en comparant chaque point ou segment tracé avec le point ou le segment correspondant sur la figure modèle.

Nombre de situations :

Comme nous l'avons indiqué, le nombre minimal de situations d'action correspond au nombre de valeurs que nous avons données à la variable didactique « amorce ». La dialectique de l'action est donc composée d'au moins trois situations d'action.

Nous faisons donc le choix de poser l'enjeu de certitude dans les situations d'action. La réussite de la restauration d'une figure n'est pas l'objectif prioritaire. La finalité de la résolution d'un problème est d'amener l'élève à trouver quelles actions instrumentées associées à l'usage de la règle permettent, selon lui, de réussir avec certitude la restauration des points et des segments de la figure modèle. Nous posons donc la question de la validation sur les conditions de l'adéquation d'une action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment de la figure. Les rétroactions renvoyées par le milieu vont permettre à l'élève d'accepter ou de rejeter les différentes actions instrumentées réalisées. Pour cela, il peut prendre appui sur une appréciation perceptive et visuelle de son adéquation en comparant ce qu'il a réalisé avec la figure modèle. La validation des actions instrumentées par l'élève repose donc tout d'abord sur la perception visuelle dans nos situations d'action.

Nous organisons ensuite la mise en relation des connaissances mobilisées implicitement dans les actions instrumentées réalisées pour résoudre un problème avec des « arguments » au sens de Plantin (1996, p.24) susceptibles d'être acceptés pour appuyer leur adéquation. Nous prenons appui sur l'enjeu de certitude posé aux élèves. Nous prévoyons la gestion d'une « phase de validation » par l'enseignant (voir partie 3.2.2) pour organiser une validation « après coup » des actions instrumentées réalisées par les élèves. Dans cette dernière, les propositions d'actions instrumentées des élèves seront mises à l'épreuve par l'enseignant et soumises à la réflexion des élèves de la classe. Notre intention est ici de créer des conditions propices à la productions d'éventuelles contradictions ainsi qu'à la production d'« arguments » concernant l'adéquation des actions instrumentées par les élèves de la classe. Les élèves sont ainsi amenés à faire un pas de côté : à chercher collectivement comment la validité d'une action instrumentée peut être assurée. Ces « arguments », acceptées collectivement sous le contrôle de l'enseignant, prendront le statut de preuve. Elles seront également un support permettant l'explicitation des connaissances et les compétences à mobiliser pour réussir la restauration des problèmes proposés.

Nous faisons l'hypothèse que les conditions que nous avons retenues permettent de faire évoluer conjointement les connaissances des élèves et leur niveau de preuve. Le lien créé entre connaître et prouver a pour but d'observer les élèves

faire reposer progressivement la validation de leurs actions instrumentées sur les connaissances et les compétences explicitées.

Nous poursuivons avec un deuxième type de situation à mettre en dialectique avec une situation d'action pour mettre en relation connaître et prouver dans un processus d'apprentissage : une situation de formulation.

3.4.2 Formulation : situation, dialectique

Selon Brousseau (1998), une dialectique de la formulation consiste « à mettre au point progressivement un langage que tout le monde comprenne et qui prenne en compte les objets et les relations pertinentes de la situation de façon adéquate » (p.36). Il ajoute que « la construction d'un tel langage ou code (répertoire, vocabulaire, quelquefois syntaxe) en langue ordinaire ou en langage formalisé rend possible l'explicitation des actions » (ibid., p.36).

Ainsi, dans une situation de formulation, l'organisation sociale diffère de celle d'une situation d'action. Les élèves interagissent par deux. Leurs interactions sont constituées « d'échanges d'informations codées par un langage » (Brousseau, 1998, p.98). Ces échanges d'informations s'appuient sur les échanges non codés ou sans langage réalisés dans les situations d'action. En effet, « ces échanges sont un type particulier d'action et de décision » (ibid., p.98). Dans une situation de formulation, les formes de connaissances qui contrôlent les interactions du sujet évoluent : elles sont ici langagières. Brousseau (1998) souligne alors l'existence de codes et de langages qui contrôlent les formulations. Ainsi, cette situation amène un élève émetteur à faire des propositions verbales susceptibles d'être discutées par un élève récepteur. Ce dernier peut par exemple manifester son incompréhension.

La mise en œuvre d'une situation de formulation est également nécessaire pour mettre en relation connaître et prouver dans une perspective d'apprentissage. En effet, Balacheff (2011) souligne que les élèves « ne peuvent s'engager dans la validation de quoi que ce soit qui n'aurait pas trouvé les moyens d'une formulation dans un langage » (p.4). Il soulève également que le changement de posture de l'élève, d'élève praticien à celle de théoricien est complexe, il est confronté « à la difficulté du passage d'une connaissance en acte à une connaissance exprimée dans un discours - l'origine de la connaissance est dans l'action, mais la forme achevée de la preuve est langagière » (ibid., p.16).

A propos de la validation, Brousseau (1998) souligne que les propositions formulées par l'élève émetteur dans une situation de formulation peuvent également être discutées par l'élève récepteur « du point de vue de la validité du contenu (c'est-à-dire sa vérité ou son efficacité) » (p.36). Il appelle ces moments de discussions spontanées sur la validité des actions des « phases de validation ». Ces

« phases de validation » sont considérées par Brousseau comme des moyens d'action, des moyens de convaincre l'autre élève d'accomplir l'action projetée. Brousseau (1998) donne comme exemples de moyens d'emporter la conviction l'autorité, la rhétorique, la pragmatique, la validité ou encore la logique. Il souligne par ailleurs que dans la dialectique de la formulation, ces moyens « échappent au contrôle de l'élève et restent implicites par opposition à d'autres validations qui apparaissent comme but ou l'objet de l'étude » (Brousseau, 1998, p.37).

Ainsi, nous prenons appui sur ces éléments théoriques pour définir le jeu proposé aux élèves dans une situation de formulation, de manière à créer une dialectique avec la situation d'action que nous avons élaborée. Ce type de situation se met en place après la mise en œuvre de la suite des situations d'action. La suite de situations d'action a permis à l'élève d'initier le développement d'actions instrumentées adéquates pour restaurer un point ou un segment d'une figure modèle donnée. Les « phases de validation » menées par l'enseignant ont permis l'organisation de discussions sur les conditions de validité des actions. L'enseignant a amené les élèves à verbaliser leurs propositions d'actions instrumentées. Il les a accompagnés en formulant les savoirs destinés à être réutilisés.

Nous avons maintenant besoin de mettre en œuvre une situation de formulation pour faire évoluer les formes des connaissances des élèves. Il s'agit d'amener les élèves à expliciter et à utiliser les formes langagières et non langagières des différentes connaissances et compétences en jeu. Ces formulations sont nécessaires à l'avancée du processus de conceptualisation. Nous avons également besoin d'initier les compétences attendues des élèves pour discuter et argumenter sur les conditions de validité d'une action instrumentée. Nous définissons donc un rôle spécifique pour chacun des élèves en prenant appui sur les apports de Brousseau (1998) et Balacheff (2011) que nous venons d'indiquer.

Phase 2 : Situation de formulation orale à autrui : Jeu à 2 élèves, élève contre élève

Les élèves jouent par groupes de 2 :

- Un élève joue le rôle d'élève-proposant. La situation doit lui permettre de développer un langage compréhensible par autrui et qui prenne en compte les objets et les relations pertinentes de la situation de façon adéquate.

L'élève-proposant dispose de la figure modèle et son amorce. Son rôle est de proposer à un autre élève les actions instrumentées à réaliser pour restaurer la figure modèle. Son action directe est donc empêchée pour le conduire à anticiper, c'est-à-dire à prendre conscience des informations qu'il prélève pour mener une action. Il est également contraint à formuler les actions instrumentées à réaliser.

- L'autre élève joue le rôle de contrôleur-traceur. Il dispose de la figure à compléter. La situation doit lui permettre de discuter la proposition, à la fois du point de vue de sa compréhension et du point de vue de la validité du contenu. L'élève-contrôleur a donc pour rôle de contrôler l'action proposée, c'est-à-dire d'éprouver la compréhension mais aussi l'adéquation de l'action proposée avant d'effectuer le tracé. Pour cela, il reproduit le jeu initié par l'enseignant lors de la « phase de validation » mise en œuvre dans les situations d'action :

→ S'il juge que l'action n'est pas adéquate, il peut réfuter l'action proposée en mettant en œuvre un positionnement de la règle prouvant l'inefficacité de l'action proposée. Il peut aussi engager la discussion avec l'élève-proposant pour expliquer les raisons de sa réfutation.

→ S'il juge que l'action indiquée est adéquate, il peut faire contrôler les informations sélectionnées pour positionner la règle et effectuer le tracé.

→ S'il juge que l'action est adéquate mais n'est pas formulée correctement, il peut manifester son incompréhension par l'action de positionner la règle de manière non adéquate, et/ou faire reformuler l'action indiquée.

Dans la suite de notre étude, nous appelons le jeu joué par l'élève-opposant-contrôleur-traceur : "le jeu du contrôleur".

Moyens de validation :

- La validation du tracé du segment ou du point par l'élève-proposant repose sur la perception visuelle : au fur et à mesure de la restauration de la figure modèle, l'élève-proposant compare visuellement les segments et points restaurés par l'élève-contrôleur-traceur avec ceux de la figure modèle.

- La validation du tracé du segment ou du point par l'élève-proposant repose aussi sur le contenu de la verbalisation de l'action instrumentée qu'il propose. L'élève-contrôleur-traceur peut manifester son incompréhension ou son désaccord concernant l'action instrumentée proposée.

- La validation des informations à sélectionner pour positionner la règle par l'élève-contrôleur-traceur repose sur les connaissances et compétences qu'il a développées dans les situations d'action. Il peut mettre en œuvre une rétroaction langagière ou une rétroaction instrumentée pour montrer à l'élève-proposant une contradiction dans le contenu des informations formulées pour positionner la règle.

Nombre de situations :

Pour que chaque élève composant le binôme puisse jouer le rôle d'élève-proposant et le rôle d'élève-contrôleur-traceur au moins une fois, au moins deux situations de formulation sont à mettre en œuvre.

Nous poursuivons avec un troisième type de situation à mettre en dialectique avec les situations de formulation et d'action pour mettre en relation connaître et prouver dans un processus d'apprentissage : une situation de validation.

3.4.3 Validation : situation, dialectique

Selon Brousseau, la « situation de validation » doit motiver les élèves à discuter sur une situation et favoriser la formulation de leurs validations implicites. Il ajoute cependant que les raisonnements des élèves sont encore insuffisants, incorrects, maladroits : « ils adoptent des théories fausses, acceptent des preuves insuffisantes et fausses » (Brousseau, 1998, p.41). La « situation de validation » doit donc conduire les élèves « à évoluer, à réviser leur opinion, à remplacer leur théorie fautive par une théorie vraie » (ibid., p.42).

Ainsi, dans une situation de validation, l'organisation sociale doit amener les élèves à interagir à plusieurs. Leurs interactions sont constituées « d'échanges de jugements » (Brousseau, 1998, p.98). Ces échanges de jugements s'appuient sur les échanges de formulation codées par un langage développé dans les situations de formulation. En effet, « un échange de jugement est un échange d'informations particulières » (ibid., p.98).

Concernant la preuve, nous avons retenu qu'à l'école élémentaire, « les preuves du praticien sont d'abord pragmatiques. Elles s'ancrent dans les faits, dans l'action. Elles se fondent sur des théorèmes-en-acte qui n'ont pas été prouvés mais éprouvés dans la pratique. La communication de ces preuves se fait par ostension » (Balacheff, 1987, p.13). Concernant la validation, nous avons également retenu qu'« il n'y a pas de validation possible sans la formulation explicite et partageable d'une assertion, il n'y a pas de représentation sans une sémantique qui émerge d'une activité » (Balacheff, 2011, p.16). Par conséquent, une des fonctions du langage est de « rendre explicite ce qui n'était qu'implicite, et lui donner ainsi un caractère public, qui permet de le soumettre au débat et à la preuve » (Vergnaud, 1991, p.85). Le rôle du langage est donc essentiel pour créer une dialectique étroite entre l'action, la formulation et la validation.

Ainsi, dans notre contexte, notre démarche a consisté à définir un rôle à l'enseignant dans la gestion des « phases de validation » des situations d'action et de formulation. L'enseignant a notamment mis à l'épreuve les propositions d'actions instrumentées formulées par les élèves. Notre choix repose sur l'idée de faire éprouver les théorèmes-en-acte implicitement mobilisés par les élèves. L'enseignant a également mis en œuvre des contradictions de manière à amener les élèves à identifier et formuler explicitement des « arguments » pour attester ou non qu'une action instrumentée réalisée avec la règle, permet à coup sûr la

restauration d'un segment ou d'un point d'une figure modèle donnée. Notre démarche a consisté également à faire réaliser par l'enseignant des institutionnalisations locales sur chacune des situations d'action et de formulation. Ces institutionnalisations locales portent sur la formulation des compétences et les connaissances mobilisées en contexte dans chacune des situations d'action et de formulation proposées. Notre choix repose ici sur le fait de rendre explicite les connaissances et compétences mobilisées implicitement mobilisées par les élèves, de leur donner un caractère public pour le soumettre au débat et à la preuve. Ces choix concernant l'organisation des « phases de validation » et des « institutionnalisations locales » visent ainsi à anticiper et créer des conditions favorables à la mise en œuvre d'une « situation de décision » :

Une « situation de décision » demande la mobilisation de moyens de décision, et donc de moyen de validation, sans que pour autant soit exigée la production explicite de preuves. C'est une proposition vraie et non la preuve de cette proposition qui doit être produite (Balacheff, 1987, p.8).

Dans notre contexte, les « moyens de décision » sont constitués des connaissances et compétences institutionnalisées localement. Les « moyens de validation » sont ceux utilisés pendant les « phases de validation » : il s'agit de preuves pragmatiques, elles s'ancrent dans les faits, dans l'action, lors des mises à l'épreuve des propositions d'actions instrumentées sur la figure à compléter, ou lors de l'identification des relations pertinentes entre les segments et les points sur la figure modèle.

Pour Balacheff (1987), une « situation de décision » serait particulièrement adaptée à l'école élémentaire car la fonction de « décider » s'insère dans l'action. Il ajoute qu'une « prise de décision est légitimée par l'affirmation de son caractère nécessaire, elle se distingue d'autres décisions possibles par son adéquation et sa validité » (Balacheff, 1987, p.12). Une « situation de validation » associée à une « situation de décision » se traduit alors de la manière suivante : « la mise en débat des décisions, l'injonction de garantir leur validité ou de la dénoncer, permet de transformer la situation de décision en une situation de validation » (ibid. p.9).

Nous retenons donc ici la possibilité de créer une dialectique entre les situations d'action, de formulation, et une situation de décision suivie d'une situation de validation. Nous avons alors besoin d'identifier comment élaborer une situation de décision adaptée à notre contexte.

Dans le cadre de la reproduction de figures, Mathé et al. (2020) précisent le sens de la validation d'une propriété produite par un instrument dans une perspective de tracé juste :

Cette validation se situe à l'articulation de la preuve pragmatique et de la preuve intellectuelle au sens où ce qui assure la présence de la propriété n'est pas le fait qu'elle soit effectivement présente sur le tracé (dans une perspective de précision et d'évaluation pragmatique) mais bien

qu'elle soit théoriquement présente au sens de la mobilisation d'un schème d'utilisation de l'instrument lui-même porteur de la propriété. En ce sens, les instruments géométriques peuvent fonctionner *comme un langage*, l'acte de construction instrumentée est aussi un acte de langage. C'est la dimension théorique de l'instrument qui est en jeu et non la capacité du sujet à effectivement produire et évaluer la propriété (Mathé et al., 2020, p.85).

Ils ajoutent que dans « les situations de validation, le texte est considéré comme représentation principale, autosuffisante de la figure : le dessin a une fonction d'illustration comme exemple ou contre-exemple. La figure matérielle passe ainsi au second plan » (Mathé et al., 2020, p.84).

Nous retenons ici la notion de « dimension théorique de l'instrument », le fait qu'une propriété soit théoriquement présente au sens de la « mobilisation d'un schème d'utilisation de l'instrument » lui-même porteur de la propriété. Nous notons également le changement du statut de la figure : celle-ci a la fonction d'exemple ou de contre-exemple. Le texte doit quant à lui être considéré comme représentation principale.

Ainsi, dans notre contexte, nous utilisons l'idée de concevoir « une « situation de validation » en y intégrant « une situation de décision ». Nous les élaborons en dialectique avec la « situation de formulation » et la « situation d'action ».

Pour élaborer une « situation de décision », nous utilisons tout d'abord l'idée de « renverser les fonctions relatives de la figure matérielle et du texte » dans une « situation de validation ». (Barrier et al., 2020, p.84). Les figures modèles et les amorces élaborées sont à nouveau proposées aux élèves. Elles prennent la « fonction d'exemple ou de contre-exemples ». Nous faisons alors reposer la dialectique de la décision sur la rédaction des différentes prises de décision associées à « l'usage géométrique de la règle », c'est-à-dire sur la « dimension théorique de la règle ». Les élèves travaillent en groupe. La consigne qui leur est donnée est d'écrire les conditions sur lesquelles repose la validité des actions instrumentées déjà menées pour restaurer la famille de problèmes proposée. Pour cela, les élèves peuvent valider les propositions de conditions proposées par un des élèves du groupe en positionnant la règle sur les différentes informations des figures et amorces données en exemples. Ils peuvent également positionner la règle sur ces dernières afin d'identifier les conditions nécessaires à l'action.

Pour élaborer la « situation de validation », nous utilisons l'idée de la « mise en débat des décisions, l'injonction de garantir leur validité ou de la dénoncer ». Cette situation est gérée par l'enseignant. Son rôle est celui que nous avons défini dans la gestion des validations des propositions des élèves (partie 3.2.2). Il organise et fait reposer la validation des règles d'action proposées par les groupes d'élèves sur une discussion suivie de leur mise en œuvre effective sur les figures données en exemples. Cette mise à l'épreuve permet ainsi de garantir la validité des règles d'action écrites, ou de les rejeter. Les élèves sont ainsi amenés à

produire des preuves pragmatiques pour établir la validité d'une proposition de règle d'action.

L'objectif de la mise en œuvre de la « situation de décision » suivie de la « situation de validation » est ainsi d'amener les élèves à décontextualiser et à généraliser les connaissances et compétences mobilisées en contexte sur l'ensemble des situations d'action et de formulation.

L'institutionnalisation globale de « la dimension théorique de l'instrument « règle », que nous avons appelé « code d'utilisation géométrique de la règle », sera réalisée par l'enseignant à partir des énoncés des règles d'action validées.

Phase 3 : Jeu par groupes de 2 ou 4 élèves

Dans la « situation de décision », les élèves coopèrent par groupes de 2 ou 4 élèves.

Ils disposent d'une série de figures donnée.

Les élèves comparent les informations à sélectionner pour restaurer chacune des figures proposées. L'identification de l'analogie existante entre ces informations leur permet de verbaliser au sein de leur groupe, à l'oral puis à l'écrit, les conditions générales à remplir pour mener une action instrumentée donnée.

Moyens de validation :

Les moyens à mobiliser sont des preuves pragmatiques. Les élèves peuvent prendre appui sur les figures et les amorces données. Un élève peut par exemple utiliser la règle et une figure comme support pour illustrer le contenu de la règle d'action qu'il formule. Il montre alors la condition à remplir pour mener une règle d'action, par exemple les informations à sélectionner avec la règle sur l'amorce. Un élève peut aussi utiliser une figure comme contre-exemple pour montrer avec sa règle que le contenu de la condition formulée par un élève du groupe ne convient pas.

Nombre de situations :

Nous envisageons deux possibilités :

- Proposer une seule situation de décision : les figures et amorces données aux élèves sont différentes. Les groupes d'élèves écrivent donc des règles d'action différentes.
- Proposer autant de situations de décision que de règles d'action à écrire (donc au moins trois pour notre contexte) : les figures et amorces données aux élèves sont les mêmes. Tous les groupes d'élèves écrivent donc le contenu d'une même règle d'action.

Dans tous les cas, une « situation de validation » est menée par l'enseignant après chacune des « situations de décision ».

Nous poursuivons avec le dernier type de situation que nous avons besoin d'élaborer pour observer les élèves discuter et argumenter sur la validité d'une action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment d'une figure donnée.

3.4.4 Décision : situation, dialectique

Nous utilisons à nouveau ici la possibilité de mettre en œuvre une « situation de décision ». Nous faisons reposer la dialectique de la « situation de décision » sur la vérification des conditions sous lesquelles a été réalisée une action instrumentée pour restaurer un point ou un segment d'une figure. Ces conditions ont été validées lors de la « situation de validation » menée par l'enseignant à l'issue de la phase 3.

Nous utilisons à nouveau l'idée de « renverser les fonctions relatives de la figure matérielle et du texte ». Des restaurations de figures sont proposées aux élèves. Les figures modèles et leurs amorces restaurées prennent le statut d'exemples et de contre-exemples concernant l'adéquation et la validité d'une action instrumentée réalisée par autrui. La consigne donnée aux élèves est d'écrire pour quelle raison l'action instrumentée réalisée est adéquate ou non pour restaurer un point ou un segment demandé.

Pour cela, les moyens de décision des élèves reposent sur le contenu de ces règles d'action associées à « l'usage géométrique de la règle ». Celles-ci ont été institutionnalisées par l'enseignant à la fin de la « situation de validation ». Les moyens de validation des élèves reposent à nouveau sur des preuves pragmatiques : les élèves peuvent vérifier, en acte, les informations sélectionnées pour positionner la règle et tracer un segment ou un point sur la figure amorcée. Ils peuvent également prélever sur la figure modèle les informations pertinentes existantes entre les segments/points donnés et ceux à restaurer. Ils prennent alors appui sur leurs différentes vérifications pour écrire un fait susceptible de valider ou non l'action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment.

Pour organiser la validation des décisions des élèves, nous utilisons à nouveau l'idée de la « mise en débat des décisions, l'injonction de garantir leur validité ou de la dénoncer ». La « phase de validation » est gérée par l'enseignant. Son rôle reste celui que nous avons défini dans la gestion des validations des propositions des élèves (partie 3.3.2). Il organise et fait reposer la validation des décisions proposées par les groupes d'élèves sur une discussion et une vérification du contenu de l'énoncé produit par les élèves. Il utilise comme support de preuve pragmatique les figures restaurées sur lesquelles ont travaillé les élèves, ainsi que les figures modèles associées.

Phase 4 : Jeu par groupes de 2 élèves

Dans cette situation, les élèves coopèrent par groupe de 2.

Deux restaurations de figures différentes sont proposées à chaque binôme. Les deux restaurations à valider reposent sur la validation de l'action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment. Dans l'une des restaurations réalisées, les conditions relatives à l'usage d'une règle d'action sont remplies, dans l'autre, elles ne le sont pas.

Les élèves doivent tout d'abord se mettre d'accord sur la validité de l'action instrumentée réalisée. Ils doivent ensuite écrire un fait susceptible d'être vrai pour valider ou non l'action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment de la figure modèle.

Moyens de validation :

La validation d'une action instrumentée réalisée pour restaurer un segment ou un point par les élèves repose sur leurs connaissances et leurs compétences associées à « l'usage géométrique de la règle ». Implicitement, les élèves sont amenés à contrôler la valeur de vérité du théorème-en-acte mobilisé par autrui.

Les élèves peuvent prendre appui sur la figure modèle et la figure restaurée pour produire les preuves pragmatiques de leur décision, c'est-à-dire des arguments susceptibles d'être vrais pour valider ou non l'action instrumentée réalisée :

- L'élève peut utiliser la règle et la figure restaurée. Par exemple, il peut positionner la règle sur le segment restauré. Il contrôle alors si la règle est en relation avec la donnée d'un segment ou de deux points sur l'amorce.
- L'élève peut aussi utiliser la règle et la figure modèle. Par exemple, il peut positionner la règle sur le segment cherché et identifier le segment ou les points à mettre en relation avec ce dernier.

Les arguments associés à ces preuves pragmatiques pourront alors être utilisés comme supports à la rédaction de leur décision concernant la validation de l'action instrumentée réalisée pour restaurer un segment ou un point.

Nombre de situations :

Nous envisageons deux possibilités :

- Proposer une seule situation de décision : les règles d'action à contrôler dans les restaurations proposées aux groupes d'élèves sont différentes. Néanmoins, étant donné que seules trois règles d'action sont à contrôler, plusieurs groupes travaillent sur les mêmes figures.
- Proposer autant de situations de décision que de règles d'action à contrôler (donc au moins trois dans notre contexte). Les deux figures proposées et la règle d'action à contrôler dans chacune des situations sont les mêmes pour tous les élèves. Tous les groupes d'élèves écrivent des arguments susceptibles de valider ou non l'action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment.

Dans tous les cas, une « situation de validation » est menée par l'enseignant après chacune des « situations de décision ».

L'ingénierie de situations que nous venons de présenter a pour but de favoriser l'émergence chez les élèves de schèmes fonctionnels pour restaurer une figure, mais aussi de schèmes fonctionnels pour argumenter et valider les actions instrumentées réalisées pour restaurer une figure.

Dans ce qui suit, nous décrivons les différents schèmes des élèves dont nous cherchons à favoriser l'émergence.

3.5 Étudier les schèmes des élèves

Nos questions de recherche sont les suivantes :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

Nous avons élaboré des problèmes de restauration de manière à construire une « dialectique de l'action ». Les valeurs données aux variables didactiques de nos problèmes visent la construction progressive d'un ensemble de connaissances géométriques associées au concept de point défini par l'intersection de deux droites. Conjointement à ces apprentissages, ces valeurs visent également l'apprentissage de « l'usage géométrique de la règle. Nous avons également élaboré une dialectique de situations d'action, de formulation, de validation et de décision, dans le but de faire évoluer les formes des connaissances des élèves et de mettre en relation connaître et prouver dans une perspective d'apprentissage. Nous précisons ici les différents schèmes que nous espérons faire émerger chez l'élève par la mise en œuvre de notre ingénierie de situations, ainsi que le contenu de leurs composantes. Pour cela, nous mettons en relation la « théorie des situations didactiques » de Brousseau (1998) avec la « théorie des champs conceptuels » de Vergnaud (1991).

3.5.1 Schème dont l'émergence est visée dans la suite de situations d'action

A l'école élémentaire, l'action des élèves prédomine : leurs connaissances mathématiques se développent d'abord en réponse à des problèmes pratiques. Afin d'étudier comment faire évoluer les actions instrumentées des élèves, nous avons tout d'abord besoin de porter notre attention sur les formes prises par les connaissances dans l'action des élèves. Pour cela, le principe d'élaboration pragmatique des connaissances sur lequel repose la « théorie des champs conceptuels » de Vergnaud (1991) nous permet d'analyser le fonctionnement cognitif des élèves en situation de résolution de problème.

Vergnaud (2001/2) donne une place centrale à la notion de schème, qu'il définit comme « organisation invariante de la conduite dans une situation donnée » (p.110). Vergnaud considère le couple schème-situation comme « (...) la clef de voûte de la psychologie cognitive et de la théorie de l'activité : pour cette raison simple que la connaissance étant adaptation, ce sont les schèmes qui s'adaptent, et ils s'adaptent à des situations » (Vergnaud, 2001/2, p.110). La définition d'un schème en termes de composantes qu'il propose permet de comprendre de quelle manière il s'adapte.

Un schème comprend quatre composantes, toutes indispensables :

- un but, ou plusieurs, et le cortège de sous-buts et d'anticipations qui en dérive ;
- des règles d'action, de prise d'information et de contrôle qui engendrent le déroulement temporel de l'activité et de la conduite observable ;
- des invariants opératoires, c'est-à-dire des catégories et des relations permettant de prélever l'information pertinente (concepts en acte), ainsi que des propositions tenues pour vraies (théorèmes en acte). Leur fonction est d'articuler ensemble caractéristiques de la situation, buts, sous buts et règles ;
- des possibilités d'inférence, qui permettent justement de calculer en situation, hic et nunc, les conséquences des informations recueillies et des propositions tenues pour vraies. Ce calcul reste largement implicite, voire inconscient (Vergnaud, 2002, p.40).

Ainsi, pour identifier de quelle manière un schème s'adapte, Vergnaud prend notamment appui sur les règles d'action. Il précise en effet : « cette fonction d'adaptation aux situations conduit à identifier dans le schème des règles SI... ALORS qui relient des actions à des conditions et des circonstances. Le caractère général d'un schème ... appelle donc une analyse en termes de règles conditionnelles » (Vergnaud, 2001/2, p.112). Nous retenons donc ici l'importance d'analyser les règles d'action à construire pour réussir la résolution de nos problèmes.

Nous relevons également de la définition analytique d'un schème qu'il se compose notamment d'invariants opératoires : des concepts-en-acte et théorèmes-en-acte. Ces deux expressions désignent les connaissances contenues dans les schèmes. Vergnaud (2002) précise que les invariants opératoires

constituent la composante épistémique du schème et qu'ils permettent de comprendre la relation entre l'action et la conceptualisation (p.41).

Nous faisons donc le choix d'utiliser les apports théoriques de Vergnaud car ils nous permettent d'analyser le contenu des schèmes impliqués dans les problèmes en termes de règles d'action et d'invariants opératoires. En effet, la mise en relation de ces composantes va nous permettre de créer un lien entre le développement des actions instrumentées avec celui de la conceptualisation en géométrie.

Ainsi, dans notre contexte, nous appelons « **schème d'action** », l'organisation invariante de la conduite du sujet dans une situation d'action dans le contexte de la restauration de figures.

Composante 1 : buts, sous-buts et anticipations : représenter graphiquement les points et les segments manquants d'une figure

Composante 2 : prélever des informations, produire des règles d'action et des contrôles

Composante 3 : mobiliser implicitement des théorèmes-en-acte et concepts-en-acte

Nous précisons maintenant le contenu de chacune de ces composantes en prenant appui sur les connaissances visées dans la famille de problèmes de restauration que nous avons élaborée.

→ « **Composante 1 : buts, sous buts et anticipations** » d'un schème d'action

Le but est de représenter graphiquement les points et les segments manquants d'une figure en prenant en considération les relations d'incidence existant entre les points et les segments de la figure. Du côté des signifiants, nous cherchons à faire émerger chez l'élève qu'un point peut se représenter comme point d'intersection de deux demi-droites et qu'un segment peut se représenter comme portion de droite délimité par deux points, appelés extrémités du segment.

Pour identifier les relations d'incidences existantes entre les points et les segments, l'élève doit apprendre à les voir de différentes manières, c'est-à-dire activer sa « visualisation géométrique » sur la figure : la « manière heuristique de voir » et la « manière mathématique de voir » une figure. Par exemple, dans nos problèmes, un point peut être vu à la fois comme le sommet de la figure modèle, comme le sommet d'un polygone qui compose la figure modèle. Il peut aussi être vu comme point d'intersection de deux segments, ou comme point d'intersection d'un segment avec une demi-droite. Nous pouvons alors constater que les différentes manières de voir un point (ou un segment) se traduisent dans le langage par la présence d'une double désignation (point, sommet d'un polygone). Duval (2005)

soulève à ce propos que les difficultés que pose l'apprentissage de la géométrie ne tiennent pas seulement à la « visualisation géométrique » sur les figures, « ils tiennent aussi à la manière dont un discours géométrique peut s'articuler avec cette visualisation » (p.28).

Ainsi, pour prendre en considération ces différentes difficultés dans notre contexte, nous notons les différentes désignations d'un point de la manière suivante :

- Point_{-extrémité-segment} : un point situé à l'extrémité d'un segment.
- Point_{-sommets} : un point situé à l'extrémité d'un segment qui représente un sommet de la figure modèle ou d'un polygone donné que l'on extrait de la figure modèle.
- Segment_{-côté} : un segment qui représente le côté d'un polygone donné que l'on extrait de la figure modèle.

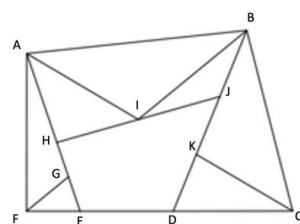
Cette liste n'est pas exhaustive, pour d'autres problèmes, nous pourrions aussi noter :

- Point_{-milieu} : un point situé au milieu d'un segment.
- Point_{-centre} : un point centre de symétrie.
- Segment_{-diagonale} : un segment qui représente la diagonale de la figure modèle ou d'un polygone donné que l'on extrait de la figure modèle.

Cette notation nous est utile pour mettre en évidence les différents regards que l'élève peut porter sur la figure, c'est-à-dire de quelles manières un point peut être vu sur une figure dans notre famille de problèmes.

Prenons l'exemple de la figure 4 et son amorce ci-dessous :

Figure 4 :



Amorce :

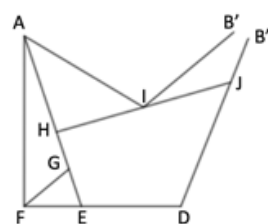


Figure 30: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3

Dans une « vision surfaces » sur la figure 4, le point B peut être vu comme le point_{-sommets} de la figure modèle ABCF. Il est aussi être vu comme le point_{-sommets} des triangles ABI, IBJ, DBC, ainsi que du quadrilatère ABDE, etc...

Dans une « vision lignes » sur la figure 4, le point B peut aussi être vu comme le point_{-extrémité-segment} des segments [AB], [IB], [JB],[CB], etc...

Dans une « vision-lignes » sur l'amorce de la figure 4, le point B' est tout d'abord vu comme point_{-extrémité-segment} du segment [IB']. L'élève doit apprendre à percevoir la relation d'incidence entre le point B et les segments [IB'] et [JB''] pour réussir à

représenter le point B, à la fois point_{sommet} B du triangle IBJ et extrémité des segments [IB] et [JB].

Nous poursuivons en précisant le contenu des composantes 2 et 3 d'un schème d'action dans notre contexte. Afin d'étudier l'adaptation des schèmes d'action aux valeurs données aux variables didactiques « figure et amorce », nous précisons notamment les règles d'action à construire dans la résolution de notre famille de problèmes, ainsi que les théorèmes-en-acte implicitement mobilisés et leur articulation avec les concepts-en-acte.

« Composantes 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles » et « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes en acte) » d'un schème d'action :

Nous indiquons tout d'abord certaines actions que peuvent produire les élèves avec la règle en fonction de leur manière de voir un point ou un segment.

Nous les notons avec la lettre « R » pour les mettre en relation avec les règles d'action que nous notons par la suite « RA ». Cette distinction nous permet de mieux rendre compte des informations sélectionnées par les élèves pour réaliser leurs actions instrumentées lors de la restauration d'une figure.

Nous caractérisons donc les actions suivantes :

- R0 : l'action de tracer la direction d'un segment au jugé à partir d'un seul point (point_{sommet} d'un polygone ou point_{extrémité} de segment).
- R1 : l'action de relier deux points_{extrémités de segment} ou l'action de relier un point_{sommet} d'un polygone avec un point_{extrémité} de segment.
- R2 : l'action de relier deux points_{sommets} d'un polygone.

Nous notons aussi :

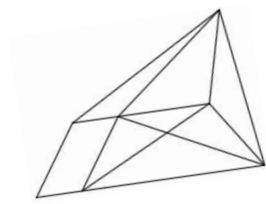
- R3 : l'action de prolonger un segment
- R4 : l'action de reproduire une relation d'alignement

Nous précisons maintenant les règles d'action et les théorèmes-en-acte sous-jacents à la construction des signifiants que nous avons indiqués dans la composante 1 d'un schème d'action : apprendre à représenter un point comme point d'intersection de deux demi-droites et à représenter un segment comme portion de droite délimitée par deux points, appelés extrémités du segment.

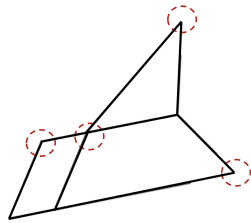
Nous définissons une première **règle d'action** liée à l'usage géométrique de la règle de la manière suivante :

- RA2 : si deux points_{sommets} d'un polygone sont donnés, alors je peux positionner la règle sur ces deux points et tracer un trait reliant ces deux points, pour représenter un segment de la figure modèle (but à atteindre) (Figure 32).

Figure modèle :



Amorce :



Règle d'action RA2 : « relier » :

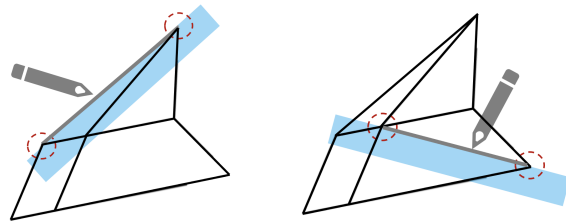


Figure 31: mobilisation de la règle d'action RA2

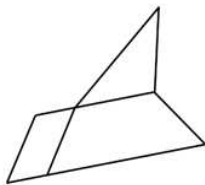
Cette première règle d'action repose sur l'usage implicite de deux théorèmes-en-acte : « un segment est porté par une droite » et « par deux points, il passe une droite ». Elle permet de définir le sommet d'un polygone comme étant un point (extrémité commune de deux segments), et le côté d'un polygone comme étant un segment.

Nous nommons le schème associé à l'usage de cette règle d'action le schème « relier deux points-sommets ». Nous le codons S2_{-relier-sommets}.

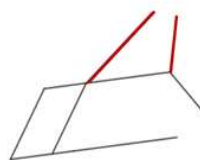
Nous définissons une deuxième **règle d'action** de la manière suivante :

- RA3 : si un segment est donné, alors je peux positionner la règle sur ce segment et le prolonger pour représenter la demi-droite sur laquelle est posé un segment manquant de la figure modèle (sous-but à atteindre pour représenter le point d'intersection de deux demi-droites). (Figure 33).

Figure modèle :



Amorce de la figure :



Règle d'action RA3 :

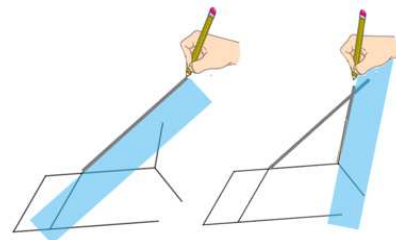


Figure 32: mobilisation de la règle d'action RA3

Cette règle d'action repose sur l'usage implicite du théorème-en-acte : « un segment est porté par une droite ». Nous nommons le schème associé à l'usage de cette règle d'action le schème « prolonger ». Nous le codons S3_{-prolonger}.

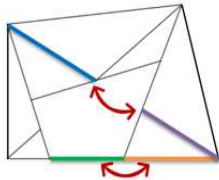
Enfin, nous définissons une troisième **règle d'action** de la manière suivante :

- RA4 : si un segment est aligné avec celui cherché, alors je peux positionner la règle sur ce segment et le prolonger pour représenter la demi-droite sur laquelle est posé le segment de la figure modèle cherché (sous-but à atteindre pour représenter le point d'intersection de deux demi-droites). (Figure 33).

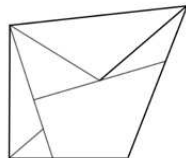
Cette règle d'action repose également sur l'usage implicite du théorème-en-acte : « un segment est porté par une droite ». Elle permet la construction de la propriété

d'alignement entre deux segments, entre un segment et un point. Nous nommons le schème associé à l'usage de cette règle d'action le schème « reproduire un alignement ». Nous le codons S4_{-reproduire-alignement}.

Figure modèle :



Amorce de la figure :



Règle d'action RA3 :



Règle d'action RA4 :

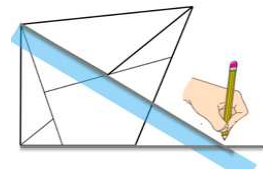


Figure 33: mobilisation de la règle d'action RA4

Ainsi, nous pouvons préciser ci-dessous les règles d'action à construire lors de la résolution des problèmes que nous avons élaborés :

Famille de problèmes	Problème 1	Problème 2	Problème 3	Problème 4	Problème 5	Problème 6
Figure modèle						
Amorce de la figure						
Règles d'action à mobiliser	RA3	RA3 RA2	RA3 RA2	RA3 RA2 RA4	RA3 RA2 RA4	RA3 RA4

Tableau 4: Règles d'action à mobiliser dans la résolution des problèmes proposés

Nous venons de définir les différents schèmes d'action susceptibles d'émerger lors de la mise en œuvre de la suite de situations d'action que nous avons élaborée. Dans ce qui suit, nous poursuivons l'étude des schèmes. Nous avons besoin d'identifier comment ces schèmes d'action peuvent évoluer lors de leur adaptation aux caractéristiques des situations de formulation, validation et décision, de manière à observer les élèves discuter et argumenter sur la validité d'une action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment d'une figure donnée.

3.5.2 Schèmes dont l'émergence est visée dans les autres types de situations

Selon Vergnaud (1991), un schème s'adapte aux caractéristiques d'une situation donnée. Nous avons donc besoin d'identifier de quelle manière va évoluer un schème d'action dans les situations de formulation, de validation et de décision que nous avons élaborées. La dialectique créée entre une situation d'action et ces autres types de situations repose, entre autres, sur l'usage du langage.

A propos du langage, Vergnaud (2001/2) souligne que la communication avec autrui est essentielle pour développer les schèmes et agir sur les conceptualisations nécessaires à la réussite. Concernant les schèmes, il indique :

Les schèmes langagiers, discursifs et communicatifs ont commencé à être étudiés depuis une vingtaine d'années, surtout pour les conversations courantes, pas assez pour les conversations professionnelles, ni pour les échanges en classe. Ils permettent néanmoins de mieux comprendre les rapports entre connaissances-en-acte et connaissances explicites (Vergnaud, 2001/2, p.122).

Nous notons ici que d'autres types de schèmes peuvent être étudiés pour analyser les échanges entre les élèves ou entre les élèves et l'enseignant. De plus, nous retenons ici l'intérêt de l'étude des « schèmes communicatifs » dans les situations de formulation, et l'étude des « schèmes discursifs », dans les échanges en classe lors de la mise en œuvre des situations de décision et de validation.

En effet, la dialectique des situations d'action, de formulation, de validation, permet d'observer des échanges que Brousseau classe en trois catégories :

- Les échanges de jugements ;
- Les échanges d'informations codées par un langage ;
- Les échanges d'informations non codées ou sans langage : les actions et les décisions qui agissent directement sur l'autre protagoniste.

Ces catégories sont emboîtées car un échange de jugements est un échange d'informations particulières, et celui-ci un type particulier d'action et de décision. Elles le sont strictement (Brousseau, 1998, p.98).

Brousseau (1998) soulève alors que « les connaissances explicitables et les savoirs interviennent ... dans le contrôle des jugements de "l'élève". Ils forment en quelque sorte le "code" à l'aide duquel il construit, justifie, vérifie et démontre ses déclarations de validité » (p.100). Selon lui, différentes formes de connaissances vont donc contrôler les interactions de l'élève placé dans une situation donnée. La fonction des différentes formes de connaissances est également mise en évidence à propos des « schèmes de mises en mots » par Vergnaud :

Les schèmes de mises en mots sont associés à des situations d'énonciation et de débat, sur lesquelles peu d'analyses scientifiques ont encore été conduites. Mais on peut cependant considérer que la boucle est bouclée. La forme opératoire de la connaissance, d'abord recherchée dans l'action qui réussit, se distingue clairement de la forme prédicative de la connaissance, qui consiste en énoncés et en textes. Mais dès qu'on prend conscience d'une part, du poids de la communication et du caractère intersubjectif de la connaissance construite dans l'éducation et du travail, d'autre part de la fonction de représentation des formes langagières et symboliques, on est conduit à reconnaître la valeur opératoire de la forme prédicative de la connaissance (Vergnaud, 2001/2, pp.122-123).

Nous retrouvons ici le lien étroit à créer entre des situations d'action, de formulation et de validation : la forme opératoire de la connaissance s'identifie d'abord dans une situation d'action, sa forme prédicative dans une situation de formulation. Enfin, la forme prédicative d'une connaissance prend une valeur opératoire dans la situation de validation. Nous en déduisons que l'émergence d'un « schème discursif » s'appuie sur le développement du « schème communicatif », dont l'émergence s'appuie quant à elle sur le développement d'un schème d'action.

Afin de caractériser ces schèmes dans notre contexte, nous utilisons le fait que « les schèmes énonciatifs, comme les autres schèmes, sont des formes d'organisation de l'activité en situation, et sont composés, comme eux, de buts, de règles d'action, de prise d'information et de contrôle, d'invariants opératoires, et d'inférences » (Vergnaud, 2013, p.143).

Ainsi, dans notre contexte, nous caractérisons un schème communicatif et un schème discursif en lien étroit avec la caractérisation d'un schème d'action que nous avons indiquée dans la partie précédente.

Nous appelons :

« Schème communicatif » : organisation invariante de la conduite du sujet dans une situation de formulation des actions à réaliser à autrui dans le contexte de la restauration de figure. Nous en définissons ses composantes dans la méthodologie d'analyse (section 4.1.2).

« Schème discursif » : organisation invariante de la conduite du sujet dans une situation de validation d'une action instrumentée réalisée par autrui dans le contexte de la restauration de figure. Nous en définissons ses composantes dans la méthodologie d'analyse (section 4.1.3).

Dans les situations d'action, les élèves peuvent être amenés à décrire oralement les actions instrumentées qu'ils ont réalisées. De fait, nous définissons également :

« Schème de mise-en-mots » : organisation invariante de la conduite du sujet dans une situation de description des actions réalisées dans le contexte de la restauration de figure.

Composante 1 : décrire les buts, sous-buts et anticipation réalisés

Composante 2 : décrire les prises d'information, règles d'action, contrôle réalisés

Composante 3 : verbaliser les théorèmes-en-acte et concepts-en-acte mobilisés (forme prédicative des connaissances-signifiants)

Pour conclure, nous rappelons nos questions de recherche :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

Pour répondre aux questions QR1a et QR1b, nous allons chercher à analyser si la mise en œuvre de notre ingénierie de situations permet d'observer l'émergence chez les élèves des « schèmes d'action », ainsi que du « schème communicatif » et du « schème discursif » associés à ces « schèmes d'action ».

En d'autres termes, nous allons tout d'abord chercher à identifier l'émergence des formes opératoires et prédicatives des connaissances visés dans nos problèmes. Nous allons ensuite chercher à identifier si la valeur opératoire de la forme prédicative des connaissances permet aux élèves d'argumenter sur la validité d'une action instrumentée proposée ou réalisée pour restaurer un point ou un segment d'une figure donnée. La forme opératoire des connaissances va s'observer dans la production de nouvelles « méthodes » d'utilisation de la règle (actions instrumentées) pour réussir avec certitude la restauration d'une figure (situations d'action). La forme prédicative des connaissances va s'observer dans la production de formulation orale de ces actions instrumentées oralement à autrui (situations de formulation), ainsi que dans la production orale et écrite des énoncés généraux des règles d'actions (situation de validation). Enfin la valeur opératoire de la forme prédicative des connaissances va s'observer dans la production orale et écrite d'arguments quant à la validité des actions instrumentée (situation de décision).

Notre dialectique vise donc à construire une relation entre connaître et prouver. Notre objectif est de développer chez les élèves un ensemble de connaissances et de compétences qui seront à mobiliser comme moyen de décision et de validation

à la fin du processus d'apprentissage. Nous faisons ici l'hypothèse que ces schèmes vont permettre la construction des connaissances et compétences préalables à une pratique de la preuve au début de l'école élémentaire. En effet, notre intention est d'observer les élèves mobiliser des preuves pragmatiques et argumenter sur la validité d'une action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment d'une figure donnée.

Chapitre 4 : Fondement des méthodes pour les analyses

Nous rappelons les questions générales de notre recherche :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

QR2-PE : « Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ? ».

Pour décrire les schèmes mobilisés par les élèves, nos méthodes s'appuient majoritairement sur l'analyse des composantes des schèmes d'action, ainsi que sur l'analyse des composantes des schèmes communicatifs et discursifs.

Nous cherchons d'une part à mettre en évidence l'évolution conjointe de la conceptualisation et de l'usage raisonné des instruments. D'autre part, nous cherchons à montrer le changement progressif de statut des connaissances et des compétences.

Pour décrire les interventions de l'enseignant qui impactent le développement des schèmes des élèves, nous analysons ces interventions en les catégorisant en fonction des 3 types de schèmes à faire mobiliser par les élèves. Là encore, nous effectuons nos analyses en appui sur les composantes des schèmes.

4.1 Méthodes d'analyse des schèmes des élèves

4.1.1 Méthode d'analyse des schèmes d'action des élèves

Nous commençons par analyser le développement des schèmes d'action des élèves. Ces schèmes d'action constituent en effet le fondement sur lequel vont se développer les schèmes communicatifs et discursifs par la suite. Cette analyse permet également de mettre à l'épreuve notre hypothèse concernant les choix de

valeurs des variables didactiques des problèmes que nous avons conçus pour notre ingénierie. Notre méthodologie d'analyse vise à montrer l'évolution conjointe du concept de point avec les schèmes d'action associés à l'usage géométrique de la règle.

Critères d'analyse :

Pour cela, nous analysons le contenu des différentes composantes d'un schème. Nous présentons notre démarche en appui sur le tableau ci-dessous. Nous les indiquons dans la colonne 2 du tableau (lignes 5 à 8). Nous complétons ensuite ce tableau pour chaque élève.

		Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle					
2	Figure à compléter					
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève					
4	Organisation des actions instrumentées : suite des actions élémentaires réalisées	<input type="checkbox"/> Action 1 : <input type="checkbox"/> Action 2 : <input type="checkbox"/> Action 3 : ...	<input type="checkbox"/> Action 1 : <input type="checkbox"/> Action 2 : <input type="checkbox"/> Action 3 : ...	<input type="checkbox"/> Action 1 : <input type="checkbox"/> Action 2 : <input type="checkbox"/> Action 3 : ...	<input type="checkbox"/> Action 1 : <input type="checkbox"/> Action 2 : <input type="checkbox"/> Action 3 : ...	<input type="checkbox"/> Action 1 : <input type="checkbox"/> Action 2 : <input type="checkbox"/> Action 3 : ...
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input type="checkbox"/> I1 : Point _{extrémité} segment <input type="checkbox"/> I2 : Point _{sommet} <input type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point _{extrémité} segment <input type="checkbox"/> I2 : Point _{sommet} <input type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point _{extrémité} segment <input type="checkbox"/> I2 : Point _{sommet} <input type="checkbox"/> I3 : Segment <input type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)	<input type="checkbox"/> I1 : Point _{extrémité} segment <input type="checkbox"/> I2 : Point _{sommet} <input type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point _{extrémité} segment <input type="checkbox"/> I2 : Point _{sommet} <input type="checkbox"/> I3 : Segment <input type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points _{sommets} avant de les relier pour représenter un segment _{objet} de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points _{extrémités} de segments pour représenter un segment quelconque	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points _{sommets} avant de les relier pour représenter un segment _{objet} de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points _{extrémités} de segments pour représenter un segment quelconque	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points _{sommets} avant de les relier pour représenter un segment _{objet} de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points _{extrémités} de segments pour représenter un segment quelconque	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points _{sommets} avant de les relier pour représenter un segment _{objet} de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points _{extrémités} de segments pour représenter un segment quelconque	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points _{sommets} avant de les relier pour représenter un segment _{objet} de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points _{extrémités} de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Point _{sommet} D	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schémes d'actions instrumentées mobilisés	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4

10	Traitement du problème	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique
----	-------------------------------	--	--	--	--	--

Tableau 5: Tableau d'analyse des schèmes d'action d'un élève

Dans les lignes 1, 2 et 3 de ce tableau, nous insérons les figures modèles, figures à compléter et figures restaurées par l'élève, pour chacune des situations d'action proposées.

Nous complétons ensuite le tableau de façon verticale pour chaque problème proposé.

Dans la ligne 4, nous décrivons l'organisation des différentes actions instrumentées réalisées par l'élève en prenant appui sur les actions observables dans l'enregistrement vidéo des actions réalisées par les élèves. Pour chaque problème, nous comparons alors ces actions avec les actions attendues dans l'analyse *a priori* du problème. Nous codons les actions correctes avec le symbole : « », les actions erronées avec le symbole : « ». Nous indiquons aussi les contrôles réalisés par l'élève, notamment en identifiant si l'élève observe la figure modèle, gomme ce qu'il a tracé, s'il reproduit ou modifie ses actions instrumentées.

Nous procédons alors à l'analyse des composantes des schèmes mobilisés.

• **Analyse de la « composante 2, prises d'informations, règles d'action, contrôles » :**

Dans les lignes 5 et 6, nous analysons la composante 2 : « prises d'informations, règles d'action, contrôles ». Dans la ligne 5, nos critères d'analyse concernent les informations sélectionnées par l'élève pour conduire l'action de restaurer un point ou un segment manquant de la figure.

Nous avons choisi quatre critères concernant les informations sélectionnées :

I1 : l'élève sélectionne un point_{extrémité de segment}

I2 : l'élève sélectionne un point_{sommets}

I3 : l'élève sélectionne un segment

I4 : l'élève sélectionne un segment aligné avec celui cherché (cas où les deux segments alignés n'ont pas d'extrémité commune)

Ces deux premiers critères permettent d'analyser si l'élève sélectionne des points_{extrémités de segments} déjà-là pour tracer un segment quelconque, ou s'il cherche à sélectionner ou obtenir des points_{sommets} de manière à reproduire les propriétés du point à restaurer de la figure modèle. Les deux derniers critères permettent d'analyser si l'élève sélectionne et prolonge un segment pour tracer une ligne droite porteuse de la direction d'un autre segment, ou s'il trace ce segment au jugé à partir d'un point_{extrémité d'un segment}.

Dans la ligne 6, nous déduisons des informations sélectionnées les règles d'action implicitement mobilisées par les élèves.

Nos critères d'analyse pour les règles d'action respectent la numérotation ci-dessus. Ainsi, nous reprenons la notation indiquée dans la partie 3.1.3 :

R1 : l'action de relier deux points_{extrémités de segment}

R2 : l'action de relier deux points_{sommets}

R3 : l'action de prolonger un segment

R4 : l'action de reproduire l'alignement de deux segments, sans extrémité commune.

Nous notons également :

R0 : l'action de tracer la direction d'un segment au jugé à partir d'un seul point (point_{-sommets} ou point_{-extrémité} de segment)

Nous cochons ainsi par le symbole : « » les informations sélectionnées et les règles d'action mobilisées correspondantes. Le symbole : « » rend compte de la non-sélection d'une information et de la non-mobilisation de la règle d'action correspondante.

• **Analyse de la « composante 1, buts, sous buts et anticipations » :**

L'analyse de la composante 2 nous permet alors d'analyser la composante 1 d'un schème dans la ligne 7, c'est-à-dire la représentation du but poursuivi par l'élève (ainsi que l'anticipation des sous-but). Par exemple, nous inférons des informations sélectionnées si l'élève cherche à tracer des segments au jugé, ou si l'élève anticipe la définition d'un point_{-sommets} comme intersection de deux lignes droites avant de reproduire un segment de la figure modèle. Nous inférons également si l'élève anticipe le tracé de la ligne droite porteuse de la direction d'un segment cherché.

• **Analyse de la « composante 3, invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) »**

Nous analysons la composante 3 d'un schème dans la ligne 8. Nous déduisons des lignes précédentes si l'élève mobilise implicitement le concept-en-acte de point défini par l'intersection de deux lignes droites pour définir le point_{-sommets} de la figure à restaurer. Nous en déduisons aussi s'il identifie, lorsqu'elle existe, une relation d'alignement entre des segments, voire entre un segment et un point.

Nous codons les concepts mobilisés par le symbole , de couleur verte. Nous nuancions et adoptons la couleur orange si un contrôle et plusieurs essais ont été nécessaires. Nous codons par le symbole les concepts non mobilisés.

L'ensemble de cette analyse nous permet d'analyser l'émergence des schèmes d'actions visés par notre ingénierie. Nous les spécifions dans la ligne 9.

Nous codons le schème d'action S2 « relier_{-points-sommets} » :

- avec le symbole : « » si l'élève a sélectionné et/ou anticipé la restauration de tous les points_{-sommets},
- avec le symbole si au moins un point_{-extrémité-segment} a été sélectionné à la place d'un point_{-sommets},
- avec le symbole lorsque plus de deux points_{-extrémités-segments} ont été sélectionnés à la place d'un point_{-sommets}.

Nous codons le schème d'action S3 : « prolonger »

- avec le symbole si l'élève a sélectionné un segment pour restaurer la direction d'un autre segment pour chaque segment à restaurer.
- avec le symbole si au moins un segment a été sélectionné pour restaurer la direction d'un autre segment.
- avec le symbole lorsque plus de deux segments ont été restaurés au jugé.

Nous codons le schème d'action S4 : « reproduire alignement »

- avec le symbole si l'élève a identifié la relation d'alignement entre deux segments, sans extrémité commune.
- avec le symbole dans le cas contraire.

Enfin, dans la ligne 10, nous inférons de ce qui précède si l'élève traite le problème de restauration dans une problématique de modélisation analogique ou dans une problématique spatio-géométrique. Dans une problématique de modélisation analogique, l'élève trace des segments pour reproduire une figure qui « ressemble » à la figure modèle, qui lui est « analogue visuellement ». Il ferme ainsi le contour des différents polygones qui composent la figure complexe en reliant des points_{-extrémités} des segments déjà-là. Dans une problématique spatio-géométrique, l'élève anticipe la représentation des points_{-sommets} qui permettent de reproduire les propriétés des points de la figure modèle donnée.

Nous complétons ces colonnes pour chacune des situations d'action.

Une lecture horizontale du tableau permet alors d'analyser le développement conjoint du concept de point et des schèmes d'actions instrumentés au fur et à mesure de l'avancée de la suite des situations d'action. Deux situations de formulation précèdent la situation d'action finale (problèmes 7 et 8). Cette dernière vise à évaluer les schèmes d'action développés par les élèves avant la mise en œuvre de la situation de décision.

Après avoir complété ce tableau pour chacun des élèves, nous réalisons un tableau global pour rendre compte de l'évolution de l'ensemble des élèves. Nous sélectionnons pour cela uniquement les lignes 8 et 9 de chaque tableau. Ces lignes correspondent aux concepts et aux schèmes mobilisés par les élèves.

Classe 1- Situations d'action						
	Problème 2	Problème 3	Problème 4		Problème 7	Problème 8
Élève 1	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4		<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4
Élève 2	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4		<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4
Élève 3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4		<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4
Élève 4	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4		<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4
Élève 5	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4		<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4
Élève 6	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4		<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3	<input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4

Tableau 6: Tableau global d'analyse des schèmes d'action des élèves

	Problème 2	Problème 3	Problème 4		Problème 7	Problème 8
Élève 1	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Point _{sommet} D	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments		<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments
Élève 2	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Point _{sommet} D	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments		<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments
Élève 3	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Point _{sommet} D	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments		<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments
Élève 4	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Point _{sommet} D	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments		<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments
Élève 5	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Point _{sommet} D	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments		<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments
Élève 6	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Point _{sommet} D	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments		<input type="checkbox"/> Point _{sommet} A <input type="checkbox"/> Point _{sommet} B <input type="checkbox"/> Points _{sommets} I, H, C	<input type="checkbox"/> Point _{sommet} C <input type="checkbox"/> Relation alignement segments

Tableau 7: Tableau global d'analyse de l'évolution du concept de point

Analyse détaillée de l'évolution conjointe du concept de point et des schèmes des élèves

L'objectif de cette analyse détaillée est de mieux rendre compte du processus de conceptualisation et de l'évolution des schèmes des élèves sur l'ensemble de la suite de situations de l'ingénierie.

Nous utilisons le tableau général ci-dessus pour sélectionner un élève « représentatif » des réussites observées chez une majorité des élèves suivis. Nous faisons le choix d'analyser finement les schèmes et le concept de point de cet élève à trois moments clés de la suite des situations d'action : au début (problème 2), au milieu (problème 4) et à la fin (problème 7 et 8).

Enfin, nous utilisons également ce tableau pour sélectionner certains élèves ayant rencontré des difficultés. Nous nous focalisons alors uniquement sur l'analyse des difficultés repérées.

Pour effectuer cette analyse, nous commençons par reprendre l'organisation des actions instrumentées réalisées par l'élève indiquées dans le premier tableau individuel. Nous analysons alors chacun des schèmes d'actions instrumentées mobilisés. Nous analysons ensuite le développement du concept de point.

Ainsi, notre méthode d'analyse vise à montrer le développement conjoint du concept de point et des schèmes d'action associés à l'usage géométrique de la règle. Observer ces connaissances et ces compétences développées dans l'action est préalable à la mise en œuvre de la suite des situations.

4.1.2 Méthode d'analyse du schème communicatif des élèves

Notre méthode pour analyser l'émergence du schème communicatif des élèves met en relation les apports théoriques de Vergnaud (1991) et Petitfour (2015). En effet, les travaux de recherche de Petitfour (2015) nous donnent « (...) des outils d'analyse du langage et des gestes susceptibles d'être employés dans des situations de communication orale liées à la réalisation d'actions instrumentées aboutissant à une construction géométrique » (p.134). Nous analysons alors le contenu des propositions d'actions instrumentées communiquées par les élèves en identifiant les registres de langage et les gestes mobilisés par les élèves dans chacune des composantes d'un schème communicatif. Notre intention est d'étudier l'émergence de la forme prédicative des connaissances et des compétences en jeu dans nos problèmes pour rendre compte du développement du schème communicatif des élèves. Plus précisément, nous cherchons à mettre en évidence la formulation progressive par les élèves de la relation existante entre un point ou un segment à restaurer et les informations à sélectionner sur la figure pour positionner la règle de façon adéquate.

Nous avons défini ce que signifie « schème communicatif » dans notre travail (section 3.5.2). Nous en définissons ici ses composantes :

Composante 1 : communiquer et faire comprendre à autrui les buts, sous-buts et anticipation à réaliser.

Composante 2 : communiquer et faire comprendre à autrui les prises d'information, règles d'actions, contrôles à réaliser.

Composante 3 : communiquer et faire comprendre à autrui les théorèmes-en-acte et les concepts-en-acte à mobiliser (formes prédicatives des connaissances-signifiants).

Pour analyser l'émergence et le développement de ce schème, nous avons besoin de disposer de critères pour analyser les moyens utilisés par l'élève pour communiquer et se faire comprendre. Ces moyens peuvent être langagiers et gestuels.

Concernant le langage, Petitfour (2015) précise trois registres de langue qu'il est possible d'employer dans une situation de communication orale à autrui d'une action instrumentée à réaliser :

- la langue technique constituée de termes dénommant les objets techniques et leurs constituants, ainsi que de termes exprimant des relations entre objets techniques et objets graphiques, représentants d'objets géométriques,
- la langue courante, qui se réfère aux objets graphiques et aux artefacts,
- la langue géométrique, qui se réfère aux objets géométriques, que les objets graphiques représentent (Petitfour, 2015, p.126).

Concernant les gestes, Petitfour (2015) souligne que ces derniers peuvent « jouer un rôle non seulement dans la communication, mais aussi dans le processus de conceptualisation, en permettant par exemple à l'élève de transmettre une information qu'il n'était pas encore capable d'exprimer de façon purement verbale ou formelle » (p.130). Petitfour (2015) propose alors une catégorisation des gestes dans une situation de communication en géométrie. Dans cette catégorisation, nous retenons notamment les gestes déictiques et les gestes mimétiques.

Les gestes déictiques sont composés de gestes de pointage et des gestes de parcours :

- Les gestes de pointage, réalisés avec l'index, la main ou avec un artefact instrumentalisé, étant donné qu'ils permettent de désigner une partie du corps, un objet technique ou un de ses composants, un objet graphique en tant qu'objet matériel ou en tant que représentant d'objet géométrique, sont des gestes déictiques. Le pointage peut être réalisé en contact avec ce qui est montré, mais aussi à une certaine distance (par exemple un élève peut parler d'un objet graphique tracé au tableau en le pointant de l'index depuis sa place en classe). Ce qui est pointé peut aussi être absent (pointage abstrait) et seulement imaginé par le sujet. Le langage doit, dans ce cas, nécessairement accompagner ce geste déictique de pointage pour qu'il soit compris par l'interlocuteur. Ce type de geste révèle un premier passage vers l'abstraction.
- Les gestes de parcours sur des objets présents, comme le déplacement de l'index sur le bord de la règle ou sur la représentation d'une droite, sont aussi des gestes déictiques. Dans la pratique, les gestes de parcours sont souvent répétés avec plusieurs va-et-vient sur la partie parcourue : cela permet d'en allonger la durée et en favorise par conséquent la perception. Pour ce qui est des gestes de pointage, ils sont mieux perçus s'ils sont tenus en position figée sur une certaine durée ou alors s'ils sont rythmés par un tapotement attirant le regard sur ce qui est à voir. Des termes déictiques (« ici », « là », « ça ») accompagnent souvent les gestes déictiques (Petitfour, 2015, p.13).

Les gestes mimétiques sont définis de la manière suivante :

Les gestes mimétiques sont relatifs aux mimes d'actions réalisées avec les objets techniques. [...] Le mime peut être effectué avec l'objet technique, dans l'air ou sur un support. Dans ce dernier cas, le mime se distingue de l'action instrumentée en ce que le positionnement de l'instrument est grossièrement réalisé et sa manipulation est volontairement approximative, sans aucune

recherche de précision. Le mime peut aussi être effectué sans l'objet technique. Celui-ci est alors soit imaginé, soit incarné par la main ou une autre partie du corps (Petitfour, 2015, p.132).

Ainsi, pour analyser l'émergence du schème communicatif de l'élève, nous adoptons comme critères ces trois types de langage et ces deux types de gestes. L'identification du langage technique va notamment nous permettre d'identifier si l'élève formule des relations existantes entre les segments et points à sélectionner, avec les segments ou les points à obtenir. Nous avons besoin d'observer l'émergence de ce langage pour observer ensuite les élèves formuler le contenu des règles d'action dans la situation de validation, ainsi que pour argumenter sur la validité d'une action instrumentée dans la situation de décision finale. L'identification du langage géométrique et celle du langage courant vont nous permettre d'identifier le lexique employé par les élèves pour parler des concepts géométriques. Notre intention est d'observer si l'élève utilise progressivement des termes qui permettent de nommer de façon univoque et à bon escient les concepts géométriques. L'identification des gestes effectués par l'élève permettra de compléter cette analyse et d'observer ceux effectués pour faire comprendre à autrui les informations formulées.

Concernant le langage, nous utilisons donc les trois registres du langage indiqués par Petitfour (2015). Nous codons :

- LT : si l'élève utilise un langage technique.

Par exemple, l'élève dit : « tu positionnes ta règle sur ce segment » ; « tu positionnes ta règle sur le trait » ; « tu traces un trait » ; ...

- LG : si l'élève utilise un langage géométrique.

Par exemple, l'élève utilise les termes : « segment, point, segments alignés ».

- LC : si l'élève utilise un langage courant.

Par exemple, si l'élève utilise les termes : « trait, penché, droit, au-dessus, ... »

Concernant les gestes, nous allons chercher à identifier les « gestes déictiques » et « gestes mimétiques ». Nous codons :

- G_d : les « gestes déictiques » de « parcours » ou de « pointage » sur les segments ou les points

Exemple : // *parcourt le segment indiqué du doigt* // »

- G_M : les « gestes mimétiques » de la réalisation de l'action.

Exemple : // *mime le tracé du segment indiqué* //.

Nous avons aussi besoin d'identifier les actions réalisées avec la règle que peut effectuer l'élève pour communiquer sur les informations à sélectionner pour positionner la règle. Ainsi, nous codons :

- G_R : les actions « positionnement de la règle » réalisées sur la figure modèle pour communiquer sur les informations à sélectionner.

Exemple : // *positionne la règle sur le segment à sélectionner sur la figure modèle* //.

Ces outils nous permettent d'expliciter de quelle manière nous analysons le schème communicatif de l'élève.

Critères d'analyse d'un schème communicatif :

Nous utilisons le code « **Com** » pour coder nos critères d'analyse du schème **Communicatif** des élèves.

Nos critères sont numérotés de la manière suivante :

« Composante 1 : but, sous-buts et anticipations »

- Com1 : l'élève explicite du but qu'il poursuit

Par exemple : « Tu vas tracer ce segment : *//parcourt le segment avec son doigt sur la figure modèle//*.

« Composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles »

- Com3_{-AE1} : l'élève communique sur la première action élémentaire (AE1) composant une action instrumentée : les informations à sélectionner pour positionner la règle.

Par exemple : « Tu positionnes ta règle sur ces deux points : *//pointe chacun des deux points sur la figure modèle ou sur la figure à compléter //* ».

- Com4_{-AE2} : l'élève communique sur la deuxième action élémentaire (AE2) composant une action instrumentée : le tracé à effectuer.

Par exemple : « Tu traces une demi-droite.

- Com5_{-Cont-AE1} : l'élève contrôle l'adéquation du positionnement de la règle réalisé.

Par exemple : « Oui, comme ça » ; « Non, sur ce segment-là : *//parcourt le segment à sélectionner //*.

- Com5_{-Cont-AE2} : l'élève contrôle l'adéquation du tracé effectué, le but atteint.

Par exemple : « Voilà, tu as tracé le point d'intersection des deux demi-droites »

« Composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte »

- Com6_{-RA} : moyens utilisés pour communiquer les actions à réaliser (gestes déictiques de pointage ou de parcours sur les points ou les segments, verbalisation, registres de langage utilisés)

- Com6_{-C} : moyens utilisé pour communiquer sur les concepts mobilisés (gestes déictiques de pointage ou de parcours sur les points ou les segments, verbalisation, registres de langage utilisés)

Par exemple : « ce segment-là est aligné avec celui-là. »

Nous présentons ci-dessous un exemple de traitement des données utilisées, extraites d'une situation de formulation. Nous insérons la transcription de

l'enregistrement vidéo des élèves dans un tableau et numérotions chacune des lignes. La transcription est découpée en épisodes. Chaque épisode correspond à la communication du tracé d'un point ou d'un segment. Nous précisons par *//italique//* les positionnements de la règle et les gestes de parcours et de pointage effectués par les élèves. Nous insérons une colonne pour coder le contenu des interventions de l'élève-proposant en appui sur les critères que nous avons définis. Nous indiquons également les gestes déictiques (G_d) effectués et le langage utilisé par les élèves.


				Codes
		Description des échanges		Élève-proposant
		Épisode 1 : demi-droite [LC]		Paul
01	P :	<i>// observe la figure modèle, positionne sa règle sur certains segments de la figure modèle//</i>		G _R
02	P :	Alors, <i>tu mets ta règle sur le segment ...</i> <i>//veut montrer le segment avec son doigt</i> <i>//</i>		Com3- AE1 LT + LG G _d

Tableau 8: Exemple de traitement des données pour analyser le schème communicatif d'un élève

Nous complétons ensuite le tableau ci-dessous pour chaque « élève-proposant » d'une action, ayant pour rôle de chercher et communiquer des propositions d'actions instrumentées qui permettent selon lui de réussir à coup sûr la restauration d'un point ou d'un segment de la figure.

Séance	Compos. 1	Composante 2				Composante 3 Gestes et Langage utilisé				
		Com3 _{-AE1}	Com3 _{-AE2}	Com5 _{-Cont-AE1}	Com5 _{-Cont-AE2}	Com6 _{-RA}	Com6 _{-c}	LG	LT	LC
	Com1 _{-but}									
Ep 1		1							1	
		L02+G _d							L02	
Ep2										
...										

Tableau 9: Tableau d'analyse du schème communicatif d'un élève

Nous reportons les critères identifiés dans la transcription pour chaque épisode analysé. Pour cela, nous insérons les numéros des lignes correspondantes avec le codage « L + n° ligne ». Nous dénombrons alors le nombre d'occurrences de chaque critère. Cela nous permet d'analyser sur quoi porte le contenu de la communication des actions instrumentées des élèves.

Nous utilisons l'ensemble des tableaux complétés pour analyser de manière globale les schèmes communicatifs des élèves sur la situation de formulation et sur la situation de validation. Ces tableaux nous permettent également de cibler

certaines extraits à analyser de manière plus détaillée pour rendre compte du développement du schème communicatif des élèves.

Ainsi, notre méthode d'analyse d'un schème communicatif vise à analyser le contenu sur lequel reposent les propositions d'actions communiquées et les moyens utilisés pour les communiquer (langage, gestes). Il s'agit pour nous d'identifier si la communication de l'élève porte sur les informations à sélectionner sur la figure pour conduire une action instrumentée donnée. Cette compétence est en effet nécessaire pour amener les élèves à identifier les relations existantes entre les segments ou points à restaurer et les segments ou points donnés qu'il est possible de sélectionner. Cette compétence sera à mobiliser pour généraliser des règles d'action dans la situation de validation qui va suivre les situations de formulation.

4.1.3 Méthode d'analyse du schème discursif des élèves

Nous poursuivons par l'analyse du développement du schème discursif des élèves. Il s'agit à nouveau de mettre à l'épreuve notre hypothèse concernant le jeu du contrôleur et les différents types de situations proposées. Nous cherchons à analyser le schème discursif des élèves dans les situations de formulation et de décision. Notre intention est de mettre en évidence que les situations de formulation et de décision vont permettre d'observer les élèves mobiliser leurs connaissances sur les concepts de point et segment comme moyens de décision. Il s'agit ici d'identifier si les élèves s'interrogent et se positionnent sur l'adéquation d'une action instrumentée. Il s'agit aussi d'identifier les contrôles et les arguments produits par les élèves pour décider de la validité d'une action instrumentée.

Nous avons défini ce que signifie « schème discursif » dans notre travail (section 3.5.2). Nous définissons ici ses composantes :

Composante 1 : contrôler l'adéquation des buts, sous-buts poursuivis et anticipations réalisés par autrui.

Composante 2 : contrôler l'adéquation des prises d'information, règles d'actions, et contrôles réalisés par autrui

Composante 3 : produire des arguments qui reposent sur la valeur de vérité des théorèmes-en-acte et sur la pertinence des concepts-en-acte mobilisés par autrui (forme opératoire de la forme prédicative des connaissances)

Dans notre travail, un schème discursif repose donc sur la mobilisation du schème communicatif des élèves. Par conséquent, il repose aussi sur les schèmes d'actions développés.

Pour structurer notre méthodologie d'analyse des différentes étapes du processus de validation dans des discussions entre les élèves, nous prenons appui sur les différents « stades d'un dialogue argumentatif » définis par Plantin (1996, p. 20-22). Nous avons défini ces stades dans la section 3.3.2. Ces stades nous permettent d'identifier l'émergence d'arguments dans les interventions de l'élève. Nous analysons alors le contenu des interventions de l'élève dans chacun des stades en prenant appui sur les composantes des schèmes.

Nous utilisons le code « **Dis** » pour coder nos critères d'analyse du schème **Discursif** des élèves.

Le « premier stade : une proposition » correspond à l'action instrumentée communiquée par l'élève-proposant.

Le « deuxième stade : une opposition » permet d'identifier si l'élève-opposant-contrôleur prend l'initiative d'exprimer sa prise position sur l'adéquation de l'action proposée par l'élève-proposant, s'il exprime une opposition ou s'il accepte la proposition. Nous codons ces prises de position : Dis2.

Le « troisième stade : une question » permet d'identifier l'engagement des élèves dans la recherche d'arguments susceptibles de donner raison à une prise de position. Nous codons cet engagement : Dis3Q.

Le « quatrième stade : des arguments » permet d'identifier les arguments avancés par les élèves pour accepter ou réfuter la proposition d'action. Nous codons ces arguments : Dis4.

Il s'agit alors d'analyser la valeur de vérité de ces arguments pour les accepter comme preuve

Pour cela, nous définissons des critères d'analyse du contenu de ces arguments en appui sur les composantes 1, 2 et 3 d'un schème discursif. Nous les précisons ci-après.

Nous avons retenu de Vergnaud qu'un schème s'adapte aux caractéristiques de la situation. De fait, nous spécifions nos critères en fonction des situations dans lesquelles nous allons analyser les schèmes discursifs : la situation de formulation et la situation de décision finale. La situation de formulation a pour but d'initier le développement du schème discursif des élèves. La situation de décision a pour but de poursuivre ce développement et de le faire évoluer. Nous différencions donc notre méthodologie d'analyse pour mieux rendre compte de l'évolution de ce schème entre les deux types de situation. Nous les présentons ci-dessous.

→ Critères retenus pour l'analyse du schème discursif des élèves dans la situation de formulation orale à autrui

Dans cette situation, l'élève-opposant-contrôleur doit contrôler l'action instrumentée communiquée par l'élève-proposant. Ces critères reposent en partie sur les critères d'analyse des schèmes communicatifs. Ils sont orientés sur le contrôle du contenu de chaque composante.

Voici les critères que nous avons définis dans chacun des stades :

Concernant le « premier stade : une proposition », nous étudions de quelle manière l'élève-contrôleur prend en compte la proposition d'action qui lui est communiquée. Nous avons précisé les critères suivants :

- Dis1 : AE1-AE2 : l'élève-contrôleur ne prend pas en compte l'action communiquée par son binôme ou/et prend en charge les actions instrumentées à réaliser.
- Dis1 : Aide-Com-AE1 : l'élève contrôleur aide son binôme à communiquer sur la première action élémentaire à réaliser : les informations à sélectionner pour positionner la règle. Par exemple, il verbalise : « Tu dois me dire sur quoi je dois poser la règle ».

Ces critères permettent d'identifier si l'élève a compris les règles du jeu de l'élève-contrôleur-traceur.

Concernant le « deuxième stade : une opposition », nous différencions les moments de compréhension/incompréhension des moments d'opposition. Nos critères sont alors les suivants :

- Dis2 : Com3-cont-AE1 et Com3-Cont-AE2 : l'élève-contrôleur est d'accord avec les informations communiquées. Il intervient pour vérifier sa compréhension concernant les informations à sélectionner et le tracé à effectuer. Par exemple, il positionne la règle sur un point ou un segment et verbalise : « Sur celui-là ? »
- Dis2 : Com3-cont-info-géom : l'élève-contrôleur réfute les informations communiquées pour positionner la règle. Il manifeste son opposition par une contradiction géométrique. Nous appelons contradiction géométrique l'action de positionner la règle de manière contradictoire pour donner suite à la communication d'informations géométriques insuffisantes pour positionner la règle de manière adéquate. Par exemple, la règle est mise en relation avec un seul point et dans une direction contradictoire à celle du segment cherché.
- Dis2 : incomp-spatiale : l'élève-contrôleur manifeste son incompréhension par une contradiction spatiale. Nous appelons contradiction spatiale l'action de positionner la règle de manière contradictoire sur la figure modèle pour donner suite à la communication d'informations spatiales. Par exemple, la règle est posée aléatoirement, sans être mise en relation avec un point ou un segment.

- Dis2-position-valid : l'élève-contrôleur exprime une prise de position sur l'adéquation des informations qui lui sont communiquées. Exemple : l'élève dit : « Je ne suis pas d'accord ».
- Dis2-Met en doute : l'élève-contrôleur verbalise un doute sur la proposition d'action de l'élève. Exemples : « je ne ferai pas ça en premier ; je préfère faire comme ça ; tu es sûr ? »

Concernant le « quatrième stade : des arguments », nous différencions deux types d'arguments mobilisés par l'élève-contrôleur. Ces derniers peuvent être langagiers ou non langagiers.

- Dis4 : Com6-Cont-RA-AE1 : cas où les arguments mobilisés par l'élève-contrôleur prennent appui sur des règles d'action partagées et acceptées.

Exemples :

- L'élève contrôleur prend appui sur une contradiction géométrique qui devient un support pour montrer voire expliciter que les informations sélectionnées sont insuffisantes pour conduire l'action de manière adéquate.
- L'élève contrôleur prend appui sur une autre proposition d'action pour montrer voire expliciter les informations à sélectionner pour être sûr de conduire une action adéquate.
- Dis4 : Com6-Cont-C-AE2 : cas où les arguments mobilisés par l'élève-contrôleur prennent appui sur des concepts partagés et acceptés.

Exemple :

- L'élève contrôleur explicite qu'il est nécessaire de définir au préalable un point sommet (point d'intersection de deux lignes droites). Exemple : « On ne sait pas où ça s'arrête ».

Nous présentons ci-dessous un exemple de traitement des données utilisées, extraites d'une situation de formulation :

Comme précédemment, nous insérons la transcription de l'enregistrement vidéo des échanges entre les deux élèves dans un tableau et numérotons chacune des lignes. Nous insérons deux colonnes pour coder les interventions de l'élève contrôleur. La deuxième colonne permet d'identifier si le fait proposé par l'élève repose sur ses schèmes communicatifs et, par conséquent, sur ses schèmes d'action. Nous indiquons également le langage utilisé par les élèves. Nous précisons par *//italique//* les positionnements de la règle et/ou les gestes de parcours et de pointage effectués par les élèves :



			Élève-Proposant	Élève Opposant Contrôleur	Élève Opposant Contrôleur	
16	E :	Maintenant tu mets ta règle sur ce point //pointe le point A//.		Com3-AE1 LT G _d		
17	P :	//Positionne sa règle sur le point A, dans une direction contradictoire à celle du segment [AF]//.			Dis2	Com3-Cont-info-géom

Tableau 10: Exemple de traitement des données pour analyser le schème discursif d'un élève - Situation de formulation - Binôme B1

Nous complétons ensuite le tableau ci-dessous pour chaque « élève-opposant contrôleur », ayant pour rôle de contrôler les conditions de validité de l'action communiquée oralement par l'élève-proposant :

Séance ...	Stade 1 : prise en compte de la proposition		Stade 2 : accord/ compréhension		Stade 2 : opposition			Stade 2 : incompr	Stade 4 : arguments	
	Dis1		Dis2		Dis2			Dis2	Dis4	
	AE 1 AE 2	Aide com AE1	Com3-Cont-AE1	Com4-Cont-AE2	Com-3-cont-info-géom	Dis2.Prise position-explicite-Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-incomp-spatiale	Com6-RA-AE1	Com6-C-AE2
Ep 1					1					
Lignes :					L17					
Ep 2										
Lignes :										
...										

Tableau 11: Tableau global d'analyse du schème discursif d'un élève-contrôleur - situation de formulation

Nous utilisons l'ensemble des tableaux complétés pour analyser de manière globale le schème discursif des élèves sur la situation de formulation. Comme précédemment, nous insérons les numéros des lignes associées aux critères identifiés. Nous dénombrons alors le nombre d'occurrences de chaque critère. Les tableaux complétés pour chaque élève nous permettent également de cibler certains extraits à analyser de manière plus détaillée pour rendre compte du développement de schème discursif des élèves.

→ **Critères retenus pour l'analyse du schème discursif des élèves dans la situation de décision**

Dans cette situation, deux élèves doivent coopérer et se mettre d'accord sur la validation d'une action instrumentée réalisée par autrui et produire un fait écrit susceptible de faire accepter leur prise de position.

Nos critères d'analyse des schèmes discursifs sont sensiblement les mêmes mais nous les avons adaptés à la situation de décision :

Concernant le « deuxième stade : une opposition », nous distinguons deux cas possibles

- Dis2-Prise de position : un des deux élèves prend position sur l'adéquation de l'action réalisée.
- Dis2-Opposition/doute : un des deux élèves s'oppose à une prise de position, ou la met en doute.

Concernant le « troisième stade : une question », nous identifions les moments où les élèves s'engagent explicitement dans la recherche de arguments susceptibles de leur donner raison. Nous notons ces moments Dis3Q. La présence de ces moments s'identifie notamment par l'usage de la locution « parce que ».

Concernant le « quatrième stade : des arguments » :

Nous codons les arguments produits pour contrôler l'action instrumentée proposée de la manière suivante :

- Com3-Cont-info-modèle : l'élève contrôle les informations pertinentes à prélever sur la figure modèle, visuellement ou à l'aide de la règle.
- Com3-Cont-RA-AE1 : l'élève contrôle les informations sélectionnées par autrui pour positionner la règle
- Com4-Cont-C-AE2 : l'élève contrôle les propriétés du segment ou du point restauré.
- Com-Cont-Autre : l'élève effectue un contrôle autre que les contrôles précisés ci-dessus. Par exemple, il peut manifester un contrôle spatial.

Ces arguments peuvent être langagiers ou non langagiers.

Nous codons le fait écrit pour valider ou non l'action instrumentée proposée de la manière suivante :

- Com6-RA-info : le fait écrit par l'élève prend appui sur la valeur de vérité des informations sélectionnées / à sélectionner pour positionner la règle de façon adéquate.
- Com6-RA-AE1 : le fait écrit par l'élève explicite le positionnement de la règle sur les informations sélectionnées/à sélectionner

- Com6-C-AE2 : le fait écrit par l'élève prend appui sur la pertinence d'un concept à mobiliser
- Com-Autre

Dans le quatrième stade, les arguments sont langagiers et de forme écrite.

Nous présentons ci-dessous un exemple de traitement des données utilisées, extraites d'une situation de décision :

14	P :	Tu n'as pas bien posé ta règle sur le segment	Dis4	Com3-Cont-RA-AE1 + LTG
15	E :	Parce que les côtés ne sont pas alignés	Dis4	Com4-Cont-C-AE2 +TG

Tableau 12: Exemple de traitement des données pour analyser le schème discursif d'un élève - Situation de décision - Binôme B1

Nous complétons ensuite les deux tableaux ci-dessous pour analyser l'évolution du schème discursif des élèves dans la situation de décision :

	Stade 2		Stade 3	Stade 4-communication de arguments				Stade 4 - argument écrit proposé			
	Prendre position/ accord/opposition		Pass vers rech d'arg	Composante 2 : contrôles effectués, communiqués				Composante 3 : contenu de l'argument écrit			
	Dis2. Prise position-Valid	Dis2. Met en doute	Dis3Q	Dis4				Dis5			
				Com3-Cont- info-modele	Com3-Cont- RA- AE1	Com4-Cont- AE2-	Com- Cont- Autre	Com6- RA-info	Com 6-RA- AE1	Com6- C-AE2	Com- Cont- Autre
Problème 1											
Élève 1 : P					1						
Lignes :					L14						
Élève 2 : E						1					
Lignes :						L15					
PE											
Lignes :											

Tableau 13: Tableau d'analyse du schème discursif des élèves - Situation de décision

	Langage utilisé		
	LG	LT	LC
Élève 1 : P		1	
Lignes :		L14	
Élève 2 : E	1		
Lignes :	L15		
PE			
Lignes :			

Tableau 14: Tableau d'analyse du langage mobilisé par les élèves - Situation de décision

Nous adoptons la même démarche que précédemment pour remplir ces tableaux. Nous relevons également le contenu des interventions éventuelles de l'enseignant pour analyser leur impact sur les arguments produits par les élèves.

Comme précédemment, nous utilisons l'ensemble des tableaux complétés pour analyser de manière globale les schèmes discursifs des élèves sur la situation de décision. Ces tableaux nous permettent également de cibler certains extraits à analyser de manière plus détaillée pour rendre compte du développement des schèmes des élèves.

Ainsi, notre méthode d'analyse du schème discursif de l'élève est ciblée sur l'analyse du contenu des contrôles mis en œuvre et les arguments proposés pour valider ou non une action instrumentée. Elle vise à montrer l'évolution de la forme des arguments : ces derniers peuvent se situer dans l'action, puis dans le discours oral et écrit. L'analyse vise aussi à identifier le développement d'une posture de questionnement chez l'élève.

Le développement des trois types de schèmes que nous cherchons à analyser dépend de la mise en œuvre des situations par l'enseignant. Nous poursuivons donc avec la méthodologie élaborée pour analyser les interventions de l'enseignant sur les schèmes des élèves.

4.2 Méthodes d'analyse des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'évolution des schèmes des élèves

Nous rappelons la question de recherche concernant l'enseignant :

QR2 : Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ?

L'objectif de l'analyse de l'expérimentation est d'identifier et de distinguer les interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves ainsi que celles susceptibles d'agir sur l'émergence de leur schème discursif. Notre intention est de mettre en évidence l'impact effectif de ces interventions sur l'émergence de ces schèmes chez les élèves, ainsi que sur les concepts visés. Nous cherchons également à analyser la gestion du processus de validation et du processus d'institutionnalisation des connaissances et des compétences visées par l'enseignant.

Nous avons défini dans la section 3.2.2 le rôle que nous attendons de l'enseignant dans la gestion de la « phase de validation » des propositions des élèves lors de la mise en œuvre des situations d'action et de formulation.

Ce rôle est composé de deux modalités : une modalité de communication en dyade, telle que l'a définie Petitfour (2015), et une modalité de contrôle et d'argumentation sur l'adéquation ou l'inadéquation de la proposition d'un élève ou d'un binôme d'élève.

Nous avons donc élaboré deux grilles d'analyse. L'une permet d'identifier les interventions de l'enseignant sur les schèmes communicatifs des élèves. Une autre permet d'identifier les interventions de l'enseignant sur les schèmes discursifs des élèves. Afin de pouvoir analyser l'effet des interventions de l'enseignant sur les schèmes des élèves, nos critères d'analyse sont en étroite relation avec ceux utilisés pour analyser les schèmes des élèves. Nous les précisons ci-dessous.

4.2.1 Méthode d'analyse des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves dans la mise en œuvre des situations d'action et de formulation

Nous prenons appui sur les apports de Vergnaud (1999) et faisons reposer nos critères d'analyse sur les composantes d'un schème :

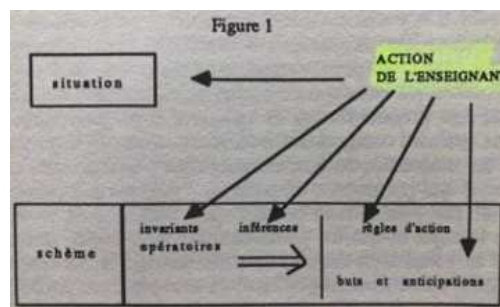


Figure 34: Action de l'enseignant (Vergnaud, 1994, p.182)

Nous utilisons le même code « Com » pour coder les critères d'analyse des interventions de l'enseignant dont le contenu porte sur les schèmes communicatifs des élèves.

Nous codons les interventions de l'enseignant de la manière suivante :

Composante 1 : « but, sous-buts, anticipations »

- Com1-but : une intervention dont le contenu conduit l'élève à formuler le but poursuivi et/ou atteint

Par exemple : « Que veux-tu me faire tracer ? montre-le sur la figure modèle ».

Composante 2 : « prises d'informations, règles d'action, contrôles »

- Com3-AE1 : une intervention dont le contenu conduit l'élève à communiquer sur la première action élémentaire composant une action instrumentée : c'est-à-dire à

formuler les informations à sélectionner sur la figure pour positionner la règle de manière adéquate.

Par exemple : « Dis-moi sur quoi je positionne ma règle ».

- Com4-_{AE2} : une intervention dont le contenu conduit l'élève à communiquer sur la deuxième action élémentaire composant une action instrumentée : c'est-à-dire à formuler le tracé à effectuer.

Par exemple : « Et après qu'est-ce que je fais ? ; Je trace jusqu'où ? »

- Com5-_{Cont-AE1} : une intervention dont le contenu conduit l'élève à contrôler les informations que l'enseignant a sélectionnées lors de la réalisation de la première action élémentaire AE1.

Par exemple : « Comme ça ? » ; « Sur ce segment-là ? »

- Com5-_{Cont-AE2} : une intervention dont le contenu conduit l'élève à contrôler le tracé effectué par l'enseignant lors de la réalisation de la deuxième action élémentaire AE2.

Par exemple : « Comme ça ? Qu'a-t-on obtenu ? »

Composante 3 : « invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) »

- Com6-_{RA} : une intervention dont le contenu vise l'explicitation ou explicite des règles d'action RA.

Par exemple : « C'est quelle méthode ? »

- Com6-_C : une intervention dont le contenu vise l'explicitation ou explicite des concepts C.

Par exemple : « Un point d'intersection de deux droites, c'est quand on a deux droites qui se croisent ».

Les interventions Com6 nous permettent d'identifier les interventions de l'enseignant portant sur des institutionnalisations locales des connaissances pendant « la phase de validation » et pendant la phase bilan réalisée à la fin de la séance.

Nous y avons ajouté une colonne pour identifier le langage mobilisé par l'enseignant dans ses interactions avec les élèves.

Afin d'observer l'effet des interventions de l'enseignant sur l'émergence du schème communicatif des élèves, nous analysons à la fois le langage et les gestes produits par l'enseignant. Nous utilisons les mêmes critères que ceux utilisés pour analyser le schème communicatif des élèves (voir section 4.1.2) :

Concernant le langage, nous identifions notamment si l'enseignant mobilise :

- LT : l'enseignant utilise langage technique ;
- LG : l'enseignant utilise langage géométrique
- LC : l'enseignant utilise un langage courant

Concernant les gestes, nous identifions essentiellement les gestes déictiques produits par l'enseignant. Nous codons :

· G_d : les « gestes déictiques » de « parcours » ou de « pointage » sur les segments ou les points

Nous présentons ci-dessous un exemple de traitement des données.

Nous commençons par transcrire dans un tableau comme ci-dessous les échanges entre les élèves et l'enseignant à partir des enregistrements vidéo. Nous numérotons chacune des interventions et découpons le déroulement du jeu du contrôleur en épisode. Chaque épisode correspond à la restauration d'un point ou d'un segment. Nous insérons dans une colonne des captures d'écran extraites des enregistrements vidéo. Le but étant de pouvoir prendre en compte des gestes de parcours ou de pointage effectués sur les points ou les segments, ainsi que le positionnement de la règle réalisé par l'enseignant. Nous réservons enfin deux colonnes pour indiquer nos critères d'analyse.


Épisode 2 : point H				Codage interv	Codage langage
	40	PE :	Qui veut venir expliquer comment faire une autre partie de la figure ? Eden ?		
	41	PE :	Quelle partie tu proposes de faire ?	Com1 -but	
	42	Eden :	// Montre le point H//		

Tableau 15: Analyse du contenu des interventions de l'enseignante - Exemple de traitement des données

Nous réalisons ensuite deux tableaux composés des critères d'analyse que nous venons d'indiquer (Tableaux 16 et 17).

Nous y reportons le nombre d'occurrences des critères identifiés pour chacune des situations d'action et de formulation et chaque épisode. Nous référons également les numéros des lignes des transcriptions pour retrouver plus facilement l'extrait associé à un critère d'analyse identifié. Nous référons enfin en rouge les numéros des lignes où se situent des extraits qui nous paraissent pertinents à analyser de manière plus détaillée.

	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5- Cont- AE1	Com5- Cont-AE2	Com6- RA	Com6-C
Ep 1	2	9	4	2	1	1	7
Lignes :	36-61	03-04-06-08-09- 11-13-38- 45-47	03-04-15-40	28-30	40	62	49 -52-54- 56-60-68-
...							
Total :							

Tableau 16: Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante en relation avec les composantes d'un schème

Langage		
LG	LT	LC
4	3	
52-60-68-71	13-38-47	
...		
Total :		

Tableau 17: Tableau d'analyse du langage mobilisé par l'enseignante

Nous réalisons alors un deuxième tableau récapitulatif (Tableau 18) pour l'ensemble des situations d'action et de formulation. Nous y insérons chacune des lignes « Total » du tableau précédent.

	Comp 1	Composante 2				Composante 3		Langage utilisé		
	Com1. but	Co m3. AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Co m6. RA	Com6. c	LG	LT	LC
S1 : situation d'action 1		5								
S2 : situation d'action 2										
S3 : situation d'action 3										
S4 : situation de formul 1										
S5 : situation de formul 3										
Total :										

Tableau 18: Tableau global d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante en relation avec les composantes d'un schème, et du langage mobilisé

Ce deuxième tableau (Tableau 18) permet de rendre compte des différentes interventions mises en œuvre par l'enseignant lors de la mise en œuvre du jeu du contrôleur. Le nombre d'occurrences des critères identifiés nous permettra de caractériser de quelle manière l'enseignant est intervenu sur les schèmes communicatifs des élèves, et par voie de conséquence, sur les schèmes d'actions des élèves. L'analyse de la composante 3 et le langage utilisé permettent d'analyser les moments d'institutionnalisations locales menées par l'enseignant.

Après avoir complété les tableaux 16, 17 et 18, nous analysons les interventions de l'enseignant en trois étapes.

Dans la première étape, nous analysons de manière globale l'ensemble des interventions menées par l'enseignant sur l'ensemble des situations d'action et de formulation. Nous prenons pour cela appui sur le deuxième tableau.

Dans une deuxième étape, nous caractérisons les interventions menées. Nous prenons appui sur le premier tableau pour sélectionner des exemples.

Dans une troisième étape, nous analysons de manière plus détaillée certaines interventions. Notre objectif est d'identifier de quelle manière l'enseignant s'est approprié le scénario que nous lui avons proposé pour gérer la « phase de validation » des propositions des élèves, ainsi que la gestion des institutionnalisations locales des connaissances et compétences visées. Notre but est ensuite d'identifier l'effet de ces interventions sur les schèmes des élèves lors de la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves. L'objectif de l'analyse détaillée est aussi de pouvoir mettre en relation le contenu des interventions de l'enseignant avec le contenu des interventions des élèves lors de l'analyse de leurs schèmes communicatifs.

4.2.2 Méthode d'analyse des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'émergence du schème discursif des élèves dans la mise en œuvre des situations d'action, de formulation, de validation et de décision

Nous cherchons ici à analyser les interventions de l'enseignant sur le développement des schèmes discursifs des élèves. Nous reprenons sensiblement les mêmes critères que pour l'analyse des schèmes discursifs des élèves. Notre intention est de mettre en évidence les moyens utilisés par l'enseignant pour engager les élèves dans un processus de validation.

Comme pour les élèves, nous utilisons le code « Dis » pour caractériser les interventions de l'enseignant sur les schèmes de discours dans notre travail et les structurons selon les stades de Plantin.

« Premier stade : une proposition »

Ce stade correspond au moment où l'élève communique la proposition d'une action.

« Deuxième stade : une opposition »

Nous codons Dis2 les interventions appartenant au deuxième stade et nous distinguons quatre types d'interventions :

- Dis2-Méd-Valid/doute : une intervention dont le contenu met en doute la proposition et engage les élèves de la classe à prendre position sur l'adéquation de l'action proposée, c'est-à-dire l'adéquation des informations communiquées pour positionner la règle.

Exemple : Êtes-vous d'accord ? Vous êtes sûrs ? On fait au hasard ?

- Dis2-Incomp-info-spatiales : une intervention dont le contenu met en doute l'efficacité des informations spatiales communiquées pour positionner la règle, montre une incompréhension.

Exemple : Comme ça ? positionne la règle dans la direction spatiale indiquée mais sans la mettre en relation avec un point ou un segment de la figure à compléter.

- Com3-cont-info-géom : une intervention dont le contenu met en doute l'adéquation des informations géométriques communiquées (montre une contradiction dans le contenu des informations communiquées ; réalise l'action la moins probable tout en respectant les informations communiquées)

Exemple : produit une rétroaction instrumentée en positionnant la règle sur un seul point comme indiqué par l'élève mais dans une direction contradictoire à celle du segment à restaurer.

- Com1-Plani : une intervention dont le contenu met en doute la planification des actions.

Exemple : tu fais ça en premier ? Est-ce qu'on peut faire ça en premier ?

« Troisième stade : une question »

Pour nous, il s'agit du moment où l'enseignant engage les élèves sur la recherche d'arguments susceptibles d'être acceptés comme raisons de la réussite ou de l'échec. Nous codons Dis3 les interventions de l'enseignant appartenant au troisième stade.

- Dis3-Q : une intervention dont le contenu engage les élèves à expliciter les raisons qui fondent leur point de vue sur l'adéquation de la proposition d'un élève

Exemple : Pourquoi êtes-vous d'accord ? Pas d'accord ? Pourquoi es-tu sûr que ça va marcher ? Pourquoi ça va marcher ? ne pas marcher ?

« Quatrième stade : des arguments »

Nous codons ainsi Dis4 les interventions appartenant au quatrième stade et nous distinguons trois types de gestion des arguments proposés par les élèves.

Les arguments peuvent porter sur l'adéquation ou non des informations sélectionnées par l'élève-proposant pour positionner la règle, sur la proposition de sous-buts préalables à atteindre, sur la proposition d'autres actions instrumentées jugées plus adéquates.

- Com6-C : une intervention dont le contenu montre que l'enseignant gère l'argument proposé par un élève en engageant les élèves de la classe à contrôler les relations existantes entre les points et les segments sur la figure modèle, à les expliciter.

Exemples :

« Pourquoi ne peut-on pas positionner la règle sur ce point ? Où est ce point sur la figure modèle ?

« Pourquoi poser la règle sur ce segment est une bonne idée ? Que faut-il voir sur la figure modèle ? »

- Com6-RA : une intervention dont le contenu montre que l'enseignant gère le fait proposé par un élève en engageant les élèves de la classe à vérifier les conditions de validité de la règle d'action mobilisée, à les expliciter.

Exemple :

« Est ce qu'on peut positionner la règle sur un seul point et la tourner comme on veut ? »

« De quoi a-t-on besoin pour positionner la règle ? »

- Dis4-Concl : une intervention dont le contenu montre que l'enseignant conclut sur la validation de la proposition de l'élève donnée au « premier stade : une proposition ».

Nous analysons les interventions de l'enseignant sur les schèmes discursifs des élèves sur l'ensemble de la suite de situations. Nous avons réalisé un tableau d'analyse pour les situations d'action et formulation, un autre pour la situation de validation et un autre pour la situation de décision. En effet, les propositions à valider diffèrent dans chacune des situations. Nous les avons précisées dans la section 3.2.2.

4.2.2.a Méthode pour l'étude des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur les schèmes discursifs des élèves dans les situations d'action et de formulation

Nous présentons ci-dessous le tableau réalisé pour l'analyse du contenu des interventions de l'enseignant lors de la mise en œuvre du jeu de la validation dans les situations de formulation (Tableau 19).

Nous codons toutes les transcriptions des moments de gestion de la validation par l'enseignant. Nous réalisons ensuite un tableau général composé des critères d'analyse que nous venons d'indiquer. Nous y reportons le nombre d'occurrences des critères identifiés pour chacune des situations d'action et de formulation et chaque épisode. Nous y référons à nouveau les numéros des lignes des transcriptions pour retrouver plus rapidement l'extrait associé à un critère d'analyse identifié.

Séance ...	Stade 2 : accord/opposition					Stade 3	Stade 4		
	Dis2	Dis2	Dis 2	Dis2	Dis2	Dis3	Dis4		
	Acco- rd	Méd- Valid/ Doute	Incomp- spatiale	Com- 3-contr- info-géom	Com2. Plani	Dis3-Q	Com6- RA	Com6- C	Concl- PE
Ep 1		2		1		1	1	1	
Lignes :		18-35		25		20	22	39	
...									
TOTAL :									

Tableau 19: Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante relativement aux quatre stades d'un dialogue argumentatif

Nous complétons le tableau 18 pour chacune des situations d'action et de formulation, pour chaque épisode réalisé. Puis nous dénombrons le nombre d'interventions dans chacun des stades.

Cela nous permet d'analyser la gestion de la validation de la proposition de l'élève par l'enseignant. Les colonnes du tableau 18, relatives au « deuxième stade : une opposition », permettent de rendre compte de la nature des contradictions mises en œuvre. La colonne relative au troisième stade : une question » permet d'identifier si les élèves sont engagés dans le processus de validation. Les colonnes relatives au « quatrième stade : des arguments » permettent d'identifier si le débat permet l'explicitation de arguments susceptibles d'être acceptés comme raisons de la réussite ou de l'échec des actions instrumentées proposées. La dernière colonne du tableau 18 permet enfin d'identifier de quelle manière l'enseignant gère la validation des arguments donnés par les élèves, et si l'enseignant a pris la responsabilité de conclure chaque débat.

Dans le but d'analyser l'impact des interventions menées par l'enseignant dans la « phase de validation », sur l'émergence et le développement du schème communicatif des élèves dans les autres types de situations qui vont suivre, nous procédons alors à l'analyse en trois étapes.

Dans la première étape, nous analysons de manière globale l'ensemble des interventions menées par l'enseignant sur l'ensemble des situations d'action et de formulation. Nous prenons pour cela appui sur le nombre d'occurrences indiquées dans la ligne « Total » du tableau 18.

Dans une deuxième étape, nous caractérisons les interventions menées. Nous prenons appui sur les numéros des lignes indiquées dans le tableau 18 pour sélectionner des exemples dans les transcriptions.

Dans une troisième étape, nous analysons de manière plus détaillée certaines interventions. Notre objectif est de montrer quelques exemples de la gestion de la validation et de non-validation d'une proposition d'action.

4.2.2.b Méthode pour l'étude des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'évolution du schème discursif des élèves dans la situation de validation

Nous présentons ci-dessous le tableau réalisé pour analyser la gestion par l'enseignante de la validation par les élèves des énoncés des règles d'action écrites par les élèves lors de la mise en œuvre de la situation de validation.

PE n°1	Stade 1 : contrôle contenu de la proposition Proposition au stade de la valeur épistémique					Stade 2	Stade 3 Rech des arg.	Stade 3 Vérif des arg.	Stade 4 Vérification - passage vers la valeur de vérité de la proposition		
	Dis1								Dis2	Dis3	
	Com3- cont-info- écrites	Com3- cont-AE1- écrit	Com4- cont-AE2- but-écrit	Dis1- compare-écrits	Incompré- hension- écrits	Dis2- méd- valid Êtes-vous d'accord ?	Dis3Q Pourquoi vous êtes d'accord ?	Dis3-Q Est-ce que c'est vrai ? Vérifier que c'est vrai, que ça marche- Tester	Com3-Cont- info RA figure modèle /figure à restaurer	Com4-Cont- but-C-figure modele/figure à restaurer	Conclusion-PE
Ep 1	2	2	1	2	0	1	1				
Lignes :	10-30	22-25	25	15-18		28	20				
...											

Tableau 20: Tableau d'analyse de la gestion de la validation par les élèves des énoncés des règles d'actions - Situation de validation

Dans le « premier stade : une proposition », nous identifions si l'enseignant intervient sur le contenu de la règle d'action écrite proposée par les élèves.

Dans le « deuxième stade : une opposition », nous identifions si l'enseignant engage les élèves à prendre position sur l'adéquation de la règle d'action proposée.

Dans le « troisième stade : une question », nous identifions si l'enseignant engage les élèves à proposer des arguments susceptibles de leur donner raison. Deux cas peuvent se présenter. L'enseignante peut engager les élèves à produire des arguments langagiers qui reposent sur la vérification du contenu de la règle d'action écrite. L'enseignant peut aussi engager les élèves à produire des arguments dans l'action en les amenant à mettre à l'épreuve la proposition d'une règle d'action sur plusieurs figures.

Dans le « quatrième stade : des arguments », nous identifions les moments où la pertinence des concepts et/ou la vérité des théorèmes en acte est vérifiée en appui sur les figures et si elle est explicitée.

Nous identifions également si l'enseignant conclut sur la validation d'une règle d'action et l'institutionnalise.

L'analyse de la gestion de la validation des énoncés des règles d'action dans la situation de validation permet donc de mettre en évidence de quelle manière l'enseignant valide et institutionnalise les propositions de règles d'actions écrites

par les élèves. Nous cherchons à identifier si l'enseignant prend appui sur des preuves pragmatiques sur les figures données en exemple pour conduire la validation des règles d'action des élèves.

4.2.2.c Méthode pour l'étude des interventions de l'enseignant susceptibles d'agir sur l'évolution du schème discursif des élèves dans la situation de décision

Nous présentons ci-dessous le tableau 21 réalisé pour l'analyse du contenu des interventions de l'enseignant lors de la gestion de la validation par les élèves des décisions proposées dans la situation de décision.

PE n°1	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4								
	proposition position+arg binôme /action réalisée	Position classe	Passage vers l'argumentation	Communication/Vérification Concepts / Règles d'actions								
	Dis1	Dis2	Dis3	Dis4								
	Dis1-com-valid Êtes-vous d'accord ? / prop	Dis2-méd-valid Classe	Dis3Q Pourquoi ?	Com1-but	Com2-ant	Com6 _{AE1-RA}	Com6 _c	Com6 _{RA} Appui code	Com6 _c Appui code	Com3-Cont-info RA	Com3-cont-but-C	Dis4-concl-PE
Ep 1	1	2	1	2		1	2	2	2			1
L :	03	05-17	07	09-12		13	15-17	19-21	28-29			28 +code
...												

Tableau 21: Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignant lors de la gestion de la validation par les élèves des décisions proposées - Situation de décision

Concernant le « premier stade : une proposition », il correspond au moment où l'enseignant demande à un binôme d'élèves de lire leur proposition d'argument susceptible d'appuyer leur décision quant à la validité d'une action instrumentée.

Concernant le « deuxième stade : une opposition », nous cherchons à identifier si l'enseignant engage la classe à se positionner sur l'adéquation de la décision et de l'argument proposé par le binôme d'élèves.

Concernant le « troisième stade : une question », nous cherchons à identifier si l'enseignant engage les élèves à proposer des arguments pour appuyer leur prise de position.

« Quatrième stade - des arguments » : nous cherchons à identifier si l'enseignant organise la vérification effective de la pertinence des concepts ou de la valeur de vérité des règles d'actions mobilisées dans l'argument du binôme d'élèves, afin de faire accepter cet argument par les élèves de la classe.

Nous cherchons également à identifier si l'enseignant conclut sur la validité de l'argument proposé par le binôme d'élèves, s'il prend appui sur les règles d'actions institutionnalisées lors de la situation de validation pour appuyer la validité de l'argument proposé.

Ces vérifications constituent les critères sur lesquels l'enseignant fait reposer la validation, par les élèves de la classe, des arguments proposés par les binômes d'élèves pour valider ou non une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment de la figure.

L'analyse de la gestion de la validation des décisions des élèves dans la situation de décision-validation permet donc de mettre en évidence de quelle manière l'enseignant valide les arguments proposés par les élèves pour appuyer leur décision. Nous cherchons notamment à identifier si l'enseignant fait reposer la validation sur des bases acceptables, c'est-à-dire sur les connaissances et compétences institutionnalisées lors de la mise en œuvre des situations précédentes. Par exemple, s'il organise la vérification de la pertinence des concepts et règles d'action proposées par les élèves, ou s'il amène les élèves à faire des analogies entre les arguments proposés et les règles d'action institutionnalisées.

Ainsi, nos analyses visent à mettre en évidence les interventions de l'enseignant mises en œuvre lors de la gestion de la validation des différentes productions des élèves. Elles visent aussi à analyser l'impact de certaines interventions sur le développement du schème discursif des élèves.

PARTIE III : EXPERIMENTATION

Chapitre 5 : Contexte de l'expérimentation

5.1 Public (choix des enseignantes, profils, binômes)

Choix des enseignantes :

Deux enseignantes ont participé à l'expérimentation.

La première enseignante exerce depuis 5 ans. Elle a deux années d'expérience en CE1 et dans le domaine de la géométrie au CE1. Elle réalise le complément de service de la directrice de l'école qui se situe en milieu rural. L'effectif de sa classe est de 20 élèves. Les autres compléments de service dont elle a la responsabilité se situent au cycle 3.

La deuxième enseignante exerce depuis 20 ans et exerce au CE1 depuis 18 ans. Elle est titulaire de sa classe qui se situe en milieu d'éducation prioritaire. Elle fait partie du dispositif 100% de réussite. L'effectif de sa classe est donc de 12 élèves. Les deux enseignantes font partie de la circonscription d'Auchel dans le Pas de Calais.

Choix des élèves

Les élèves sont des élèves de CE1 en début d'année scolaire.

Afin de pouvoir rendre compte de l'évolution des schèmes des élèves, nous avons sélectionné et filmé 3 binômes d'élèves sur l'ensemble de l'expérimentation dans chacune des deux classes.

Notre séquence étant composée de situations de formulation et de décision, nous avons choisi des élèves de CE1 qui communiquaient facilement entre eux pour être en mesure de récupérer des données sur l'ensemble des situations proposées. Ces élèves avaient des connaissances initiales similaires : la première séance a en effet permis d'identifier qu'une majorité d'élèves ne mobilisaient pas le schème S2 « relier deux-points_{sommets} d'une figure ».

Nous précisons également que l'expérimentation s'est déroulée pendant le contexte sanitaire (Covid). Cela a impliqué le port des masques par les élèves et les enseignantes, l'absence de certains élèves sur quelques séances. Nous avons également fait le choix de réaliser l'expérimentation sur un temps resserré en raison d'une crainte d'une reprise du Covid.

5.2 Dévolution de l'ingénierie aux enseignantes

Dans le cadre de leur formation continue, les deux enseignantes ont toutes deux suivi un parcours de formation sur l'enseignement de la géométrie plane au cycle 2 l'année scolaire précédant celle de l'expérimentation (2020-2021). Le contenu a été conçu et mené par nous même, dans le cadre de notre contexte professionnel, en tant que conseillère pédagogique départementale en mathématiques. Le contenu a abordé les finalités de la géométrie, les différents types de situations d'apprentissage, les problèmes de restauration.

Nous sommes allée observer une séance de géométrie chez chaque enseignante pour observer leurs pratiques ordinaires, à la fin de la période 1 (octobre 2021). Nous avons ainsi pu échanger avec chacune des enseignantes après cette séance. Nous leur avons présenté les enjeux visés pour les élèves par notre ingénierie. Nous avons présenté et donné aux enseignantes le scénario proposé pour gérer les quatre stades à mener dans les « phases de validation » des situations, ainsi que le contenu des institutionnalisations locales des connaissances et compétences visées (voir section 3.2.1, 3.3.2, et Annexe 5, p.394) et Annexe 6, p.403). Nous avons fait ce choix en appui sur les complexités de gestion mises en avant dans la littérature dans ces deux domaines.

Avant et pendant toute l'expérimentation, nous sommes restée à l'écoute des questions éventuelles des enseignantes.

5.3 Durée de l'expérimentation, répartition des séances dans le temps

A notre demande, les enseignantes, en autonomie, ont fait réaliser aux élèves des assemblages de formes géométriques avec les pièces d'un jeu de tangram sur la période 1 de l'année scolaire (octobre 2021). Les élèves ont pu garder trace de leurs assemblages en traçant le contour des formes, ce qui leur a permis de tracer des figures complexes, c'est-à-dire composées de plusieurs figures simples. Il nous semblait important d'amener les élèves à tracer et observer des figures complexes avant de leur proposer des problèmes de restauration de figures complexes.

L'expérimentation de notre ingénierie a ensuite commencé au début de la période 2 : de début novembre 2021 à fin décembre 2021. Sept séances ont été menées sur la période 2 : 3 situations d'action, 2 situations de formulation, 1 situation d'action, 1 séance de validation. Les enseignantes ont ensuite proposé des séances de réinvestissement, sur la période 3 (janvier-février 2022), en autonomie.

Enfin, la dernière séance (situation de décision) a été menée sur la période 4, début mars 2022.

		Classe 1	Classe 2
	Situation d'action en autonomie	Octobre 2021	Octobre 2021
Séance 1 (S0 + S1)	Situation de familiarisation Situation d'action 1	09 novembre 2021	08 novembre 2021
Séance 2 (S2)	Situation d'action 2	16 novembre 2021	19 novembre 2021
Séance 3 (S3)	Situation d'action 3	22 novembre 2021	26 novembre 2021
Séance 4 (S4)	Situation de formulation 1	23 novembre 2021	03 décembre 2021
Séance 5 (S5)	Situation de formulation 2	30 novembre 2021	10 décembre 2021
Séance 6 (S6)	Situation d'action 4	07 décembre 2021	16 décembre 2021
Séance 7 (S7)	Situation de validation	13 décembre 2021	16 décembre 2021
	Situation de formulation en autonomie	Janvier-Février 2022	Janvier-Février 2022
Séance 8 (S8)	Situation de décision	08 mars 2022	11 mars 2022

Tableau 22: Répartition des situations expérimentées dans le temps

Chapitre 6 : Analyses a priori

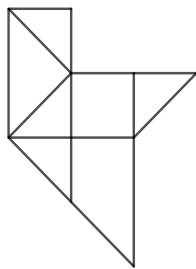
6.1 Situations d'action - analyses a priori

Remarque : dans ce qui suit, les lettres sont mises uniquement pour faciliter la lecture des analyses a priori. Elles ne sont pas données aux élèves.

Nous rappelons que la famille de problèmes élaborée a pour but de développer conjointement les concept de point, segment, d'alignement et les schèmes S2-relier-point-sommet, S3-prolonger, et S4-reproduire-alignement.

Analyse a priori du problème 1 :

Figure 1 :



Amorce :

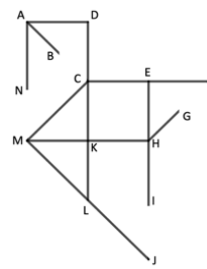


Figure 35: Problème élaboré pour la dévolution des problèmes de restauration de figures

Schème d'action à mobiliser : S3-prolonger

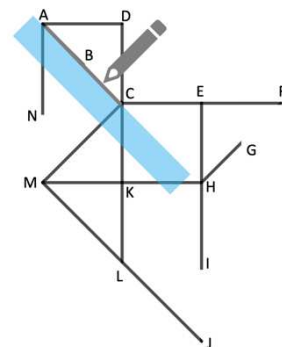
Suite d'actions instrumentées attendues :

→ **But à atteindre :** représenter un segment de la figure modèle par une portion de droite délimitée par deux points situés à ses extrémités

Action instrumentée n°1 : segment [AC]

- Positionner le bord droit de la règle sur le segment [AB].
- Prolonger le segment [AB] : tracer une demi-droite
- Obtention de l'extrémité du segment cherché comme extrémité commune à deux segments (ici le point C).

Action instrumentée n°2 à 4 : renouveler l'action instrumentée 1 pour obtenir les segments [AM], [HJ] et [HF].



<p>Autre action instrumentée possible :</p> <p>Action instrumentée 1bis : Segment [AC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner la règle sur les points B et C. • Tracer un trait droit pour relier les points B et C. • Obtention des segments [BC] et [AC] <p>Action instrumentée n°2bis à 4bis : renouveler l'action instrumentée 1bis pour obtenir les segments [GF], [IJ] et [NM].</p>	
---	--

Tableau 23: Analyse a priori du problème n°1

Analyse a priori du PROBLEME 2 :

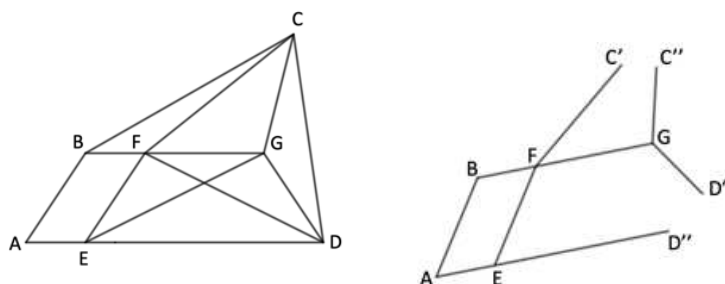


Figure 36: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°1

Schémas d'actions à mobiliser : S3-prolonger puis S2-relier-points-sommets

<p>Suite d'actions instrumentées attendues pour obtenir les points C et D :</p>	
<p>→ Vision L1 : voir le point C comme point d'intersection des deux segments [FC] et [GC].</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point_{sommet} C du triangle FGC comme point d'intersection de deux demi-droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°1 : direction du segment [FC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [FC']. • Prolonger le segment [FC'], tracer la demi-droite [FC'). 	
<p>Action instrumentée n°2 : segment [GC] et point C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [GC'']. • Prolonger le segment [GC''], tracer la demi-droite [GC''). • Obtention du point C, comme point d'intersection de deux demi-droites [FC') et [GC''). • Obtention des segments [FC] et [GC]. 	

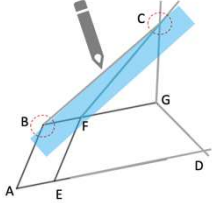
<p>→ Vision L1 : voir le point D comme point d'intersection des deux segments [ED] et [GD].</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point_{sommet} D du quadrilatère FGDE comme point d'intersection de deux demi-droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°3 et 4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Renouveler les actions instrumentées 1 et 2 pour obtenir le point D comme point d'intersection des demi-droites [ED') et [GD''). • Obtention des segments [ED] et [GD]. 	
<p>Suite d'actions instrumentées attendues pour chacun des segments [BC] et [CD] ; [FD] et [GE]</p>	
<p>→ But à atteindre : représenter un segment de la figure modèle ABCD par une portion de droite délimitée par deux points situés à ses extrémités.</p>	
<p>Action instrumentée n°5 : [BC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur les deux points_{sommets} B et C du polygone ABCD. • Tracer un trait droit reliant les points B et C • Obtention du segment [BC] 	
<p>Action instrumentée n°6, 7 et 8 : [CD] ; [FD] et [GE]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Renouveler l'action 5 pour obtenir les segments [CD] ; [FD] et [GE] 	

Tableau 24: Analyse a priori du problème n°2 - Situation d'action n°1

Actions instrumentées probables (liées à la non-vérification des relations d'incidence de la figure modèle) :

Si les élèves ne voient pas que le point C est le point de concours des quatre droites (BC), (FC) et (GC) et (DC), ils peuvent, par exemple :

- positionner le bord droit de la règle sur le point B et sur le point C'.
- tracer un trait droit pour relier les points B et C'.
- obtenir le segment [BC'] au lieu du segment [BC].

Analyse a priori du problème 3 :

Figure 3 :

Amorce n°1 (classe 1)

Amorce n°2 (modification réalisée pour la classe 2)

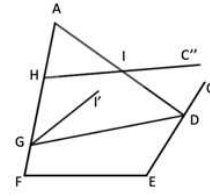
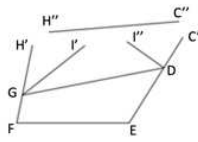
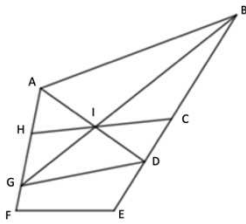


Figure 37: Problèmes de restauration proposés dans la situation d'action n°2

Schémas d'actions à mobiliser : S3_{-prolonger} puis S2_{-relier-points-sommets}

Remarque : beaucoup d'actions instrumentées sont à réaliser concernant la première figure à compléter. Cela a entraîné une gestion trop longue du jeu du contrôleur par l'enseignante de la première classe. Nous avons donc modifié la figure à compléter pour la seconde classe pour faciliter sa mise en œuvre et rester proche des objectifs que nous visons.

Comme l'obtention du point A se réalise avec les deux mêmes actions instrumentées que celle permettant d'obtenir le point B, nous présentons ci-dessous l'analyse a priori de la deuxième figure uniquement.

<p>Suite d'actions attendues pour obtenir le point I :</p> <p>→ Vision L1 : voir le point I comme point d'intersection des deux segments [GI] et [HI] (ou [HC], ou [IC])</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point_{sommet} I du triangle IBG comme point d'intersection de deux segments.</p>	
<p>Action instrumentée n°1 : segment [GI]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [GI'] • Prolonger le segment jusqu'au point I commun aux segments [HI], [GI] et [DI]. 	
<p>Suite d'actions attendues pour obtenir le point C :</p> <p>→ Vision L1 : voir le point C comme point d'intersection des segments [HC] et [EC]</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point_{sommet} C du quadrilatère FECH comme point d'intersection de deux demi-droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°2 : direction du segment [IC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [HC''] • Prolonger le segment [HC''], tracer la demi-droite [HC''). 	

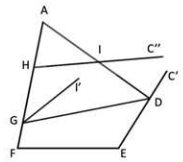
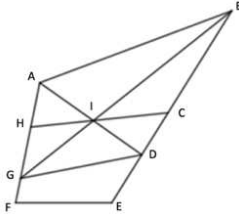
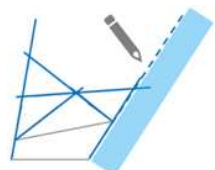

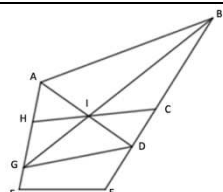
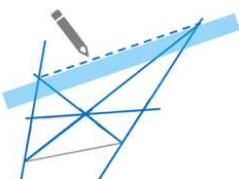
<p>Action instrumentée n°3 : segment [EC] et point C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [EC'] • Prolonger le segment [EC'], tracer la demi-droite [EC'). • Obtention du point H comme point d'intersection des deux demi-droites [EC') et [HC'') ; • Obtention des segments [HC] et [EC]. 	
<p>Suite d'actions attendues pour obtenir le point B :</p> <p>→ Vision L1 : voir le point B comme point d'intersection des segments [GB] et [DB]</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point B comme point d'intersection de deux demi-droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°4 : direction du segment [CB]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [EC], aligné avec le segment [CB]. • Prolonger le segment [EC], tracer la demi-droite [EC). 	
<p>Action instrumentée n°5 : point B et segment [IB]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [GI], aligné au segment cherché [IB] • Prolonger le segment [GI], tracer la demi-droite [GI) • Obtention du point B, comme point d'intersection des deux demi-droites [GI) et [EC) • Obtention des segments [IB] et [CB]. 	
<p>Planification des actions : 4-5 puis 5-4 ou inversement.</p>	
<p>Suite d'actions attendue pour obtenir le segment [AB] :</p> <p>→ But à atteindre : représenter le segment [AB] de la figure modèle ABEF par une portion de droite délimitée par deux points situés à ses extrémités.</p>	
<p>Action instrumentée n°6 : [AB]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur les points A et B • Tracer un trait droit reliant les points A et B • Obtention du segment [AB] 	

Tableau 25: Analyse a priori du problème n°3 - situation d'action n°2

Actions instrumentées probables (liées à la non-vérification des relations d'incidence de la figure modèle) :

→ Si les élèves ne voient pas que le point B est le point de concours des trois droites (AB), (GB) et (EB), ils peuvent :

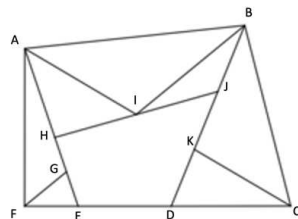
- Réaliser les actions instrumentées 1, 2 et 3 en mobilisant le schème d'action S3. prolonger pour obtenir les points I et C comme points d'intersection de deux demi-droites.

Puis, ils peuvent, par exemple :

- Positionner la règle sur le seul point A, et tracer au jugé une demi-droite [AB') à partir du point A de manière perceptive pour représenter la direction du segment [AB] ;
- Positionner la règle sur le segment [EC], le prolonger, tracer la demi-droite [EC) ;
- Obtenir le point B'', comme point d'intersection des demi-droites [AB') et [EC) ;
- Relier les points I et B'' et obtenir le segment [IB''].

Analyse a priori du problème 4 :

Figure 4 :



Amorce :

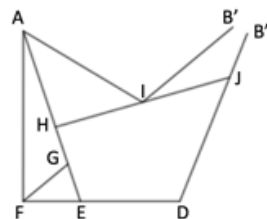
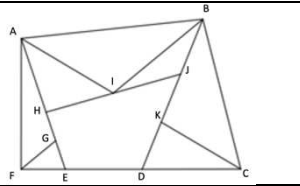
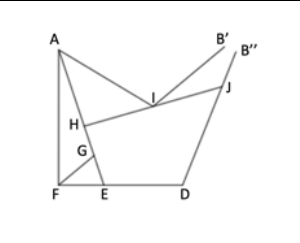
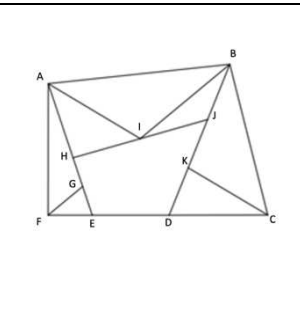
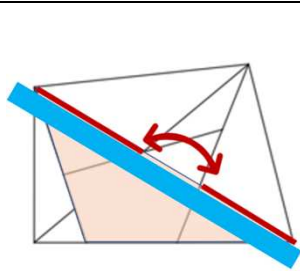


Figure 38: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3

Schémes d'actions à mobiliser : S3_{-prolonger}, S4_{-reproduire-alignement}, S2_{-relier-points-sommets}

Suite d'actions instrumentées attendues pour obtenir le point B de la figure	
<p>→ Vision L1 : voir le point B comme point d'intersection des segments [IB] et [JB]</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point B comme point d'intersection de deux demi-droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°1 : direction du segment [IB]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [IB'] • Prolonger segment [IB'], tracer la demi-droite [IB'). 	
<p>Action instrumentée n°2 : point B et segment [JB]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [JB''] • Prolonger le segment [JB''], tracer la demi-droite [JB''). • Obtention du point B, comme point d'intersection des deux demi-droites [IB') et [JB''). • Obtention des segments [IB] et [JB]. 	

<p>Action instrumentée attendue pour obtenir le segment [AB] :</p>	
<p>→ But à atteindre : représenter le segment_{côté} [AB] de la figure modèle ABCF comme un trait rectiligne fini, délimité par deux extrémités.</p>	
<p>Action instrumentée n°3 : [AB]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur les points A et B • Tracer un trait droit reliant les points A et B 	
<p>Suite d'actions instrumentées attendues pour obtenir le point-sommet C de la figure</p>	
<p>→ Vision L2 : voir le point C comme point d'intersection du segment [DC] (ou [FC]) avec la demi-droite [AI] (ou la diagonale [AC])</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point_{sommet} C du triangle ACF comme point d'intersection de deux demi-droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°4 : direction du segment [DC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [FD], aligné avec le segment [DC]. • Prolonger le segment [FD], tracer la demi-droite [FD]. 	
<p>Prise d'information visuelle et instrumentée : [KC]</p> <p>« L'ANALYSE perceptive et/ou instrumentée de la figure modèle » peut être nécessaire.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [KC] Faire le constat visuel et instrumenté de l'alignement du segment [KC] avec le segment [AI] 	
<p>Action instrumentée n°5 : point K et segment [KC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Placer le côté droit de la règle sur le segment [AI] • Prolonger le segment [AI], tracer la demi-droite [AI] • Obtention du point K comme point d'intersection du segment [DJ] avec la demi-droite [AI]. • Obtention du point C comme point d'intersection des deux demi-droites [FD] et [AI]. • Obtention du segment [KC] 	
<p>Planification des actions : 4-5 ou 5-4</p>	

Suite d'actions instrumentées attendues pour obtenir le segment [BC]	
<p>→ But à atteindre : représenter le segment_{-côté} [BC] de la figure modèle ABCF par par une portion de droite délimitée par deux points situés à ses extrémités.</p>	
<p>Action instrumentée n°6 : segment [BC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Placer le bord droit de la règle sur les points B et C • Relier les points B et C en traçant un trait droit avec la règle 	

Tableau 26: Analyse a priori du problème n°4 - situation d'action n°3

Planification :

Il est possible de tracer les segments [IB] et [JB] avant les segments [DC] et [KC] et inversement.

Il est nécessaire de tracer le point C comme point d'intersection du segment [DC] avec la demi-droite [AI] avant de tracer le segment [BC].

Actions instrumentées probables (liées à la non-vérification des relations d'incidence de la figure modèle) :

→ Certains élèves peuvent ne pas voir que le point C est le point de concours des trois droites (FC), (AC] et (BC).

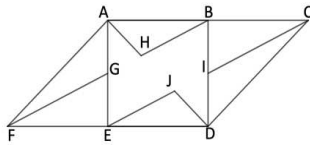
Ils peuvent, par exemple :

- Commencer par obtenir le point B, tracer le segment [AB]
- Prendre appui sur le seul point B pour positionner la règle : tracer le segment [BC] à la perception. Obtenir le point_{-extrémité-segment} C'
- Ne pas prélever l'information liée à la relation d'alignement existante entre les segments [AI] et [KC] : tracer le segment [KC'] à la perception.

6.2 Situations de formulation orale à autrui - analyses a priori

Analyse a priori du problème 5

Figure 5 :



Amorce :

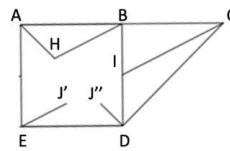


Figure 39: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1

Suite d'actions instrumentées attendues pour obtenir le point-sommet J du triangle EJD	
<p>→ Vision L1 : voir le point J comme point d'intersection des segments [JE] et [JD]</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point-sommet J du triangle EJD comme point d'intersection de deux lignes droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°1 : direction du segment [EJ]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [EJ']. • Prolonger le segment [EJ'], tracer la demi-droite [EJ'). 	
<p>Action instrumentée n°2 : point J, segment [JD]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [DJ'') • Prolonger le segment [DJ''), tracer la demi-droite [DJ'') • Obtention du point J comme point d'intersection des deux demi-droites [EJ') et [DJ'') • Obtention des segments [JE] et [JD] 	
Suite d'actions attendues pour obtenir le point F :	
<p>→ Vision L2 : voir le point F comme point d'intersection du segment [EF] (ou du segment [DF] avec la demi-droite [BF).</p> <p>→ But à atteindre : représenter un point comme point d'intersection de deux demi-droites.</p>	

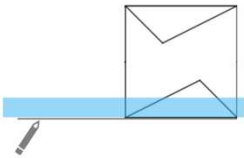
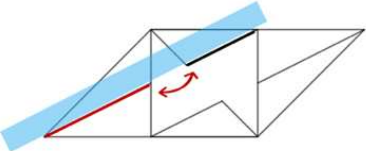
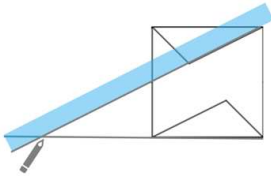
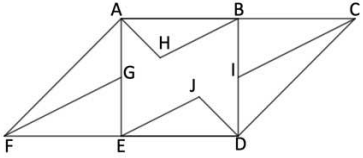
<p>Action instrumentée n°3 : direction du segment [EF]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [DE], aligné avec le segment [EF]. • Prolonger le segment [DE], tracer la demi-droite [EF]. 	
<p>Prise d'information visuelle et instrumentée : direction du segment [GF] :</p> <p>« l'ANALYSE perceptive et/ou instrumentée de la figure modèle » peut être nécessaire.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [GF]. • Faire le constat visuel et instrumenté de l'alignement du segment [GF] avec le segment [BH] 	
<p>Action instrumentée n°4 : point F et segment [GF]</p> <p>→ Positionner le bord droit de la règle sur le segment [BH]</p> <p>→ Prolonger le segment [BH], tracer la demi-droite [BH].</p> <p>→ Obtention du point F comme point d'intersection des demi-droites [BH) et [EF).</p> <p>→ Obtention du point G, comme point d'intersection du segment [AE] avec la demi-droite [BH).</p> <p>→ Obtention des segments [GF] et [EF].</p>	
<p>Suite d'actions instrumentées attendues pour obtenir le segment [AF]</p>	
<p>→ But à atteindre : représenter le segments [AF] par une portion de droite délimitée par deux points situés à ses extrémités.</p>	
<p>Action instrumentée n°6 : [AF]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur les points A et F. • Relier les points A et F en traçant un trait droit avec la règle. 	

Tableau 27: Analyse a priori du problème n°4 - Situation de formulation n°2

Planification :

Il est possible de tracer le point_{sommet} J du triangle EJD avant ou après les segments [EF], [GF] et [AF].

Il est nécessaire de tracer les segments [EF] et [GF], et donc le point F extrémité commune aux deux segments [EF] et [GF] avant de tracer le segment [AF].

Actions instrumentées probables (liées à la non-vérification des relations d'incidence de la figure modèle) :

→ Certains élèves peuvent ne pas voir que le point F est le point de concours des trois droites (AF), (BF) et (DF)

Ils peuvent par exemple :

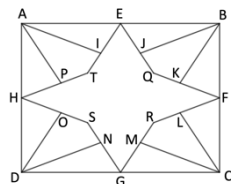
- Prolonger le segment [DE], obtenir le segment [EF']
- Prendre appui sur le seul point A pour poser la règle : tracer un segment [AF''] à la perception.

ou : Relier les points A et F' pour tracer le segment [AF']

- Ne pas prélever l'information liée à la relation d'alignement existante entre les segments [BF] et [GF] : tracer le segment [GF] à la perception ou en prenant appui sur le point F' ou F''.

→ Analyse a priori du problème 6

Figure 6 :



Amorce :

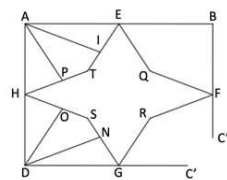
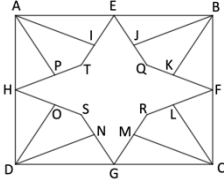
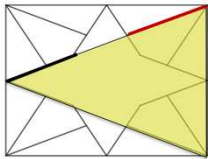


Figure 40: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2

Suite d'actions instrumentées attendues pour obtenir le point C :	
<p>→ Vision L1 : voir le point C comme point d'intersection des segments [GC] et [FC] (ou des segments [DC] et [BC]).</p> <p>→ But à atteindre : représenter le point C comme point d'intersection de deux lignes droites.</p>	
<p>Action instrumentée n°1 : direction du segment [GC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [GC'] partiellement effacé. • Prolonger le segment [GC'], tracer une demi-droite. 	
<p>Action instrumentée n°2 : point C et segment [FC]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment 	

<p>[BC''].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prolonger le segment [BC''], tracer une demi-droite. • Obtention du point C comme point d'intersection des deux demi-droites [GC') et [FC''). • Obtention des segments [GC] et [FC]. 	
<p>Suite d'actions attendues pour obtenir les points J, K, L, M</p>	
<p>→ Vision L2 : voir le point J comme point d'intersection du segment [EQ] avec la demi-droite [HT).</p> <p>→ But à atteindre : représenter un point par l'intersection d'un segment avec une demi-droite.</p>	
<p>Segment [JB] :</p> <p>Prise d'information : direction du segment [JB]</p> <p>« L'ANALYSE perceptive et/ou instrumentée de la figure modèle » peut être nécessaire.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [JB] cherché. <p>Faire le constat visuel de l'alignement du segment [JB] avec le segment [HT].</p> <p>et/ou :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voir des superpositions de figures : présence de triangles « cachés » sous la figure modèle. 	
<p>Action instrumentée n°4 : point J et segment [JB]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positionner le bord droit de la règle sur le segment [HT] • Prolonger le segment [HT] en traçant une demi-droite jusqu'au point B, extrémité du segment [JB] cherché. • Obtention du point J, extrémité du segment [JB] cherché, comme point d'intersection du segment [EQ] avec la demi-droite [HT). 	
<p>Actions instrumentées n°5-6, 7-8, 9-10 :</p> <p>→ Renouveler les actions 3 et 4 pour obtenir les points K, L, M et donc les segments [KB], [LC], [MC]</p>	

Autres actions instrumentées probables :

→ Certains élèves peuvent ne pas prélever l'information liée à la relation d'alignement existante entre les segments en jeu.

Ils peuvent, par exemple, prendre appui sur le seul point B pour positionner la règle : tracer les segments [BJ] et [BK] au jugé. De même ils peuvent prendre appui sur le seul point C pour positionner la règle et tracer les segments [LC] et [MC] au jugé.

6.3 Situations de validation - analyse a priori

Nous rappelons que la mise en œuvre de la situation de validation a pour but de généraliser les actions instrumentées acceptées comme adéquates lors de la « phase de validation » de chacune des situations d'action et formulation. Ces actions instrumentées ont été reconnues comme adéquates dans le contexte de chaque problème proposé et institutionnalisées localement par l'enseignant à l'issue de chaque « phase de validation ».

Dans cette situation, nous avons cherché à amener les élèves à faire des analogies entre les différentes figures qu'ils avaient restaurées.

La famille de figures proposée à la première classe est la suivante :

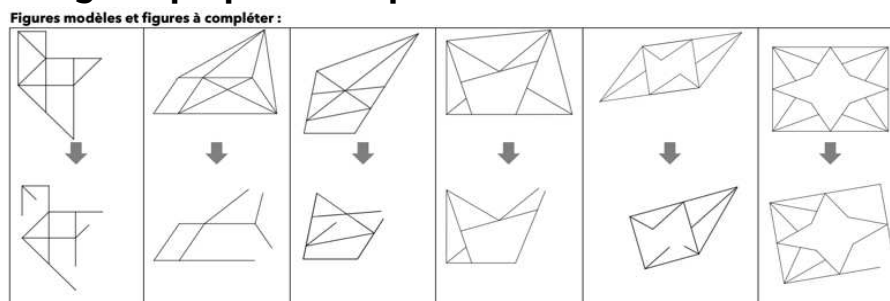


Figure 41: Famille de figures proposée dans la classe n°1 - Situation de validation

Elle est composée de l'ensemble des figures proposées dans la suite de situations d'action et de formulation.

La phrase à compléter par les élèves est : « Si tu as... , alors tu peux.... pour tracer... ».

Les familles de figures proposées à la seconde classe sont les suivantes :

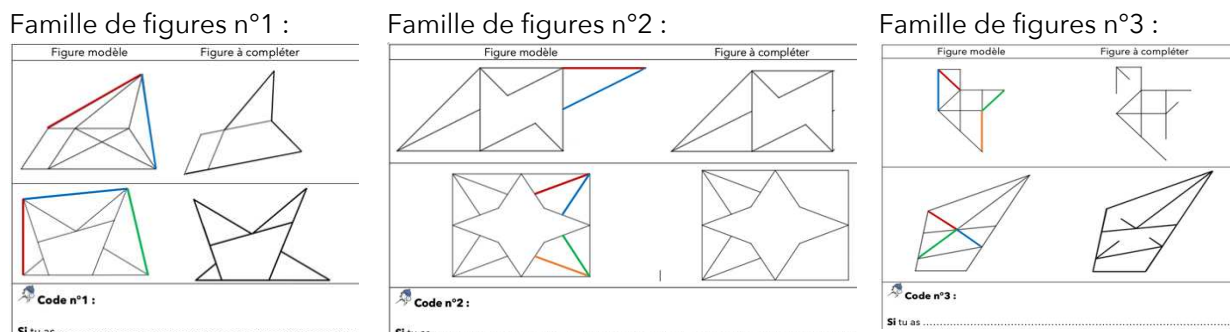


Figure 42: Familles de figures proposées dans la classe n°2 - Situation de validation

La phrase à compléter par les élèves a été réduite à : « Si tu as... ».

Dans la seconde classe, chaque binôme suivi a résolu un des trois problèmes proposés.

Dans les deux classes, la consigne donnée est la suivante :

Aujourd'hui, vous allez écrire le code géométrique de la règle au Directeur / la Directrice

C'est-à-dire lui expliquer sous quelle condition il/elle peut utiliser les méthodes d'utilisation de la règle que l'on a trouvées.

Il/elle doit pouvoir réussir à coup sûr la reproduction de toutes ces figures.

Classe 1 : Vous allez écrire à quelle condition il/elle peut utiliser une méthode pour tracer le segment d'une figure. Il faut retrouver tous les cas possibles.

Classe 2 : Vous allez écrire à quelle condition il/elle peut utiliser une méthode pour tracer les segments des deux figures. De quoi a-t-il besoin ?

Les énoncés écrits attendus reposent sur l'identification des conditions des règles d'action des schèmes S2_{-relier-sommets}, S3_{-prolonger}, S4_{-reproduire-alignement}

→ **Analyse a priori des règles d'action attendues**

Pour tracer le sommet d'un polygone :

Code d'utilisation géométrique de la règle n°1 - réalisée collectivement lors de la dévolution du problème

Si tu as deux segments en partie effacés d'un polygone,

Alors tu peux prolonger chacun des deux segments avec la règle,

Pour tracer le point d'intersection de deux demi-droites.

Pour tracer le côté d'un polygone :

Code d'utilisation géométrique de la règle n° 2 :

Si tu as deux points

Alors tu peux positionner ta règle sur ces deux points et les relier

Pour tracer un segment

Pour tracer le côté d'un polygone :

Code d'utilisation géométrique de la règle n° 3 :

Si tu as un segment,

Alors tu peux positionner ta règle sur le segment et le prolonger

Pour tracer une demi-droite, la direction du segment cherché

6.4 Situations de décision - analyse a priori

Nous rappelons que la situation de décision a pour objectif d'amener les élèves à décider de l'adéquation ou non d'une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment d'une figure. Le problème proposé vise donc à amener les élèves à mobiliser les connaissances et compétences développées sur la suite de situations pour écrire un argument susceptible d'être accepté pour appuyer leur décision.


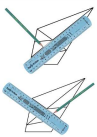







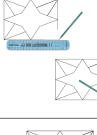







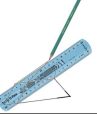


Huit problèmes ont été élaborés pour la situation de décision. Ils se trouvent dans l'Annexe 4, p.390 et dans l'analyse a priori ci-dessous.

Deux problèmes (Exemples 1 et 2) ont été résolus collectivement lors de la dévolution de la situation de décision.

Chaque binôme a ensuite eu deux problèmes à valider parmi les six autres problèmes : un problème où l'action instrumentée réalisée est adéquate, et un problème où l'action instrumentée réalisée n'est pas adéquate. Concernant les actions instrumentées non adéquates, nous avons fait le choix de proposer les actions instrumentées erronées des élèves réalisées lors de la mise en œuvre des situations d'action. Une action instrumentée erronée consiste par exemple à relier deux points qui ne représentent pas les propriétés des points-sommets de la figure modèle. Ces problèmes contribuent ainsi à analyser l'évolution des représentations des élèves sur le concept de point.

Les arguments acceptés et attendus par les élèves pour valider les actions instrumentées reposent sur la vérification des conditions des règles d'action à mobiliser.

<p>Exemple 1 (dévolution)</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="395 1404 544 1485"> <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p> </td> <td data-bbox="552 1404 909 1485"> <p>Figure à compléter</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="395 1496 544 1630"> <p>Méthodes réalisées :</p> <p>J'ai posé ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p> </td> <td data-bbox="552 1496 909 1630"> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ?</p> <p>Tu es : <input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p> <p>.....</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="395 1641 544 1709"> <p>J'ai obtenu la fin du segment qui manquait</p> </td> <td data-bbox="552 1641 909 1709"></td> </tr> </table>	<p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>	<p>Figure à compléter</p>	<p>Méthodes réalisées :</p> <p>J'ai posé ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ?</p> <p>Tu es : <input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p> <p>.....</p>	<p>J'ai obtenu la fin du segment qui manquait</p>		<p>Non, Parce que pour tracer le segment, tu n'as pas posé ta règle sur un segment pour le prolonger. (code n°... / méthode n°...)</p>
<p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>	<p>Figure à compléter</p>							
<p>Méthodes réalisées :</p> <p>J'ai posé ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ?</p> <p>Tu es : <input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p> <p>.....</p>							
<p>J'ai obtenu la fin du segment qui manquait</p>								

<p>Exemple 2 (dévolution)</p>	 <p>SOMMET de la figure que j'ai cherché à reproduire</p> <p>Méthodes réalisées :</p>  <p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les traits en partie effacés et je les ai prolongés jusqu'à obtenir un point d'intersection.</p>  <p>J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.</p> <p>Figure à compléter</p> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p> Parce que :</p>	<p>Oui, parce que pour tracer le segment, tu as posé ta règle sur un segment pour le prolonger. (code n°... / méthode n°...)</p>
<p>Binôme 1 Figure 1</p>	<p>• Groupe 1 - Figure 2</p>  <p>Sommet de la figure que j'ai cherché à reproduire</p> <p>Méthodes réalisées :</p>  <p>J'ai posé le bord droit de ma règle aux extrémités des traits. Ensuite j'ai tracé un trait penché.</p>  <p>J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.</p> <p>Figure à compléter</p> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p> Parce que :</p>	<p>Non, Parce que : pour tracer le sommet du triangle, tu n'as pas tracé le point d'intersection de deux demi-droites tu n'as pas posé ta règle sur deux segments pour les prolonger et obtenir le point d'intersection de deux demi-droites. (code n°... / méthode n°...)</p>
<p>Binôme 1 Figure 2</p>	<p>• Groupe 1 - Figure 6</p>  <p>Sommet de la figure que j'ai cherché à reproduire</p> <p>Méthodes réalisées :</p>  <p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les côtés en partie effacés. Je les ai prolongés pour obtenir un point d'intersection.</p>  <p>J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.</p> <p>Figure à compléter</p> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p> Parce que :</p>	<p>Oui, parce que pour tracer le sommet de la figure modèle, tu as posé ta règle sur deux segments pour les prolonger et obtenir le point d'intersection de deux demi-droites. (code n°... / méthode n°...)</p>
<p>Binôme 2 Figure 3</p>	<p>• Groupe 2 - Figure 4</p>  <p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p> <p>Méthodes réalisées :</p>  <p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les deux points situés aux extrémités du segment cherché. J'ai tracé un trait droit pour relier les deux points.</p>  <p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p> <p>Figure à compléter</p> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p> Parce que :</p>	<p>Oui, Parce que : pour tracer le segment tu as posé ta règle sur deux points. (code n°... / méthode n°...)</p>
<p>Binôme 2 Figure 4</p>	<p>• Groupe 2 - Figure 2</p>  <p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p> <p>Méthodes réalisées :</p>  <p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur un point. Ensuite j'ai tracé un trait penché</p>  <p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p> <p>Figure à compléter</p> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p> Parce que :</p>	<p>Non, Parce que pour tracer le segment, tu n'as pas posé ta règle sur deux points. Il faut d'abord tracer le sommet du triangle. (code n°... / méthode n°...)</p>











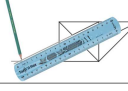

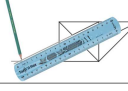

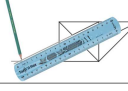

<p>Binôme 3 Figure 5</p>	<p>• Groupe 3 - Figure 4</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figure à compléter</p> </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Méthodes réalisées :</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p> </div> </div> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p> </div> </div> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>Parce que :</p> </td> </tr> </table>	<p>Méthodes réalisées :</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p> </div> </div>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p> </div> </div>	<p>Parce que :</p>	<p>Non, Parce que pour tracer le segment, tu n'as pas posé ta règle sur un segment aligné avec celui cherché pour le prolonger, pour tracer une demi-droite. (code n°... / méthode n°...)</p>
<p>Méthodes réalisées :</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p> </div> </div>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p>					
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p> </div> </div>	<p>Parce que :</p>					
<p>Binôme 3 Figure 6</p>	<p>• Groupe 3 - Figure 5</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figure à compléter</p> </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Méthodes réalisées :</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer. J'ai prolongé ce segment.</p> </div> </div> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.</p> </div> </div> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>Parce que :</p> </td> </tr> </table>	<p>Méthodes réalisées :</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer. J'ai prolongé ce segment.</p> </div> </div>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.</p> </div> </div>	<p>Parce que :</p>	<p>Oui, Parce que : pour tracer le segment, tu as posé ta règle sur un segment aligné avec celui cherché pour le prolonger, pour tracer une demi-droite (code n°... / méthode n°...)</p>
<p>Méthodes réalisées :</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer. J'ai prolongé ce segment.</p> </div> </div>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p>					
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 5px;"> <p>J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.</p> </div> </div>	<p>Parce que :</p>					

Tableau 28: Analyse a priori - Situations de décision

Chapitre 7 : Données recueillies

7.1 Méthode de recueil des données

Nous avons filmé la mise en œuvre de la suite de situations de l'ingénierie dans deux classes. Une caméra a été posée au fond de chacune des classes pour analyser la gestion des situations par l'enseignante.

La première classe est composée de 20 élèves, la deuxième classe de 12 élèves. Dans chacune des classes, nous avons suivi plus particulièrement l'activité de trois binômes d'élèves à l'aide de trois autres caméras. Pour cela, nous avons placé une caméra sur la table de chacun de ces trois binômes pour recueillir à la fois leurs actions et le contenu de leurs échanges.

Nous avons également recueilli les fiches avec les productions des 6 élèves suivis dans chacune des deux classes, ainsi que les fiches avec les productions de tous les autres élèves de la classe.

Au niveau de l'organisation des phases de recherche :

Dans les situations d'action, les élèves ont travaillé individuellement.

Dans les situations de formulation, ils ont travaillé en binôme (cela représente 10 binômes pour la première classe, 6 binômes pour la deuxième classe).

Dans la situation de validation, ils ont travaillé par groupe de 3-4 élèves dans la première classe (ce qui représente 5 groupes), en binôme dans la deuxième classe (ce qui représente 6 groupes).

Dans la situation de décision, les élèves ont travaillé en binômes (cela représente 10 binômes pour la première classe, 6 binômes pour la deuxième classe).

7.2 Description des données recueillies

Nous rappelons la durée de l'expérimentation et la répartition des situations dans le temps dans le tableau ci-dessous :

		Classe 1	Classe 2
	Situation d'action en autonomie	Octobre 2021	Octobre 2021
Séance 1 (S0 + S1)	Situation de familiarisation Situation d'action 1	09 novembre 2021	08 novembre 2021
Séance 2 (S2)	Situation d'action 2	16 novembre 2021	19 novembre 2021
Séance 3 (S3)	Situation d'action 3	22 novembre 2021	26 novembre 2021
Séance 4 (S4)	Situation de formulation 1	23 novembre 2021	03 décembre 2021
Séance 5 (S5)	Situation de formulation 2	30 novembre 2021	10 décembre 2021
Séance 6 (S6)	Situation d'action 4	07 décembre 2021	16 décembre 2021
Séance 7 (S7)	Situation de validation	13 décembre 2021	16 décembre 2021
	Situation de formulation en autonomie	Janvier-Février 2022	Janvier-Février 2022
Séance 8 (S8)	Situation de décision	08 mars 2022	11 mars 2022

Tableau 29: Répartition des situations expérimentées dans le temps

Nous décrivons ci-dessous les données recueillies dans chacune des classes.

→ La première classe est composée de 20 élèves.

Pour cette classe, nous avons recueilli sur l'ensemble de la dialectique de situations proposées :

- Fiches « production des élèves » : 130 fiches.

Quatre situations d'action : $20 \times 4 = 80$ fiches (4 situations d'action, travail individuel).

→ Les fiches des 6 élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 7, p.409.

Deux situations de formulation : $10 \times 2 = 20$ fiches (2 situations de formulation, travail en binôme).

→ Les fiches des binômes élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 8, p.443.

Une situation de validation : 10 fiches (1 situation de validation, 1 à 2 règles d'action écrites dans des groupes de 3-4 élèves.

→ Les fiches des groupes d'élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 9, p.485.

Une situation de décision : $10 \times 2 = 20$ fiches (1 situation de décision, 2 fiches par binômes).

→ Les fiches des binômes d'élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 10, p.496.

- Enregistrements vidéo de l'activité de 6 élèves : environ 2h45 d'enregistrement.

Quatre situations d'action : activité et échanges de 6 élèves (environ 1h d'enregistrement).

→ L'organisation des actions réalisées par les élèves se trouve dans l'Annexe 7, p.409.

Deux situations de formulation : activité et échanges de 3 binômes (environ 30 min d'enregistrement)

→ Les transcriptions des échanges produits entre les élèves se trouvent dans l'Annexe 8, p.443.

Une situation de validation : activité et échanges de 3 groupes (environ 45 min d'enregistrement)

Une situation de décision : activité et échanges de 3 binômes (environ 30 min d'enregistrement)

→ Les transcriptions des échanges produits entre les élèves se trouvent dans l'Annexe 10, p.496.

- Enregistrements des éventuelles interventions de l'enseignante auprès des binômes pendant la phase de recherche. Ces interventions s'identifient dans les transcriptions des échanges entre les élèves.

- Enregistrements vidéo de la gestion de chaque séance par l'enseignante : environ 9h d'enregistrements

→ Les transcriptions de la gestion des phases de validation et d'institutionnalisations locales des connaissances et compétences se trouvent dans l'Annexe 11 (situations d'action), dans l'Annexe 12 (situations de formulation), dans l'Annexe 13 (situation de validation), et dans l'Annexe 14 (situation de décision).

→ La seconde classe est composée de 12 élèves.

Pour cette classe : nous avons recueilli :

- Fiches-élèves : 78 fiches

Quatre situations d'action : $12 \times 4 = 48$ fiches élèves

→ Les fiches des 6 élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 15.

Deux situations de formulation : $6 \times 2 = 12$ fiches

→ Les fiches des binômes élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 16.

Une situation de validation : 6 fiches

→ Les fiches des binômes élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 17.

Une situation de décision : 6×2 fiches = 12 fiches

→ Les fiches des binômes élèves suivis se trouvent dans l'Annexe 18.

- Enregistrements vidéo de l'activité de 6 élèves : environ 2h45 d'enregistrement

Quatre situation d'action : activité et échanges de 6 élèves (environ 1h d'enregistrement)

Deux situations de formulation : activité et échanges de 3 binômes (environ 30 min d'enregistrement)

Une situation de validation : activité et échanges de 3 binômes (environ 45 min d'enregistrement)

Une situation de décision : activité et échanges de 3 binômes (environ 30 min d'enregistrement)

→ Les transcriptions des échanges produits entre les élèves se trouvent dans l'Annexe 18.

- Enregistrements des éventuelles interventions de l'enseignante auprès des binômes pendant la phase de recherche. Ces interventions s'identifient dans les transcriptions des échanges entre les élèves.

- Enregistrements vidéo de la gestion de chaque séance par l'enseignante (environ 9h d'enregistrements).

→ Les transcriptions de la gestion des phases de validation et d'institutionnalisations locales des connaissances et compétences se trouvent dans l'Annexe 19 (situations d'action), dans l'Annexe 20 (situations de formulation), dans l'Annexe 21 (situation de validation), et dans l'Annexe 22 (situation de décision).

Chapitre 8 : Analyses a posteriori

8.1 Sous-questions de recherches pour l'expérimentation

Nous avons besoin de répondre aux deux questions générales de recherche suivantes :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves du cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

Pour cela, un premier objectif de l'analyse des données recueillies dans l'expérimentation de l'ingénierie de situations est de répondre aux sous-questions de recherche suivantes :

→ $Q_{R-Elève-Exp}1A$: Quels schèmes d'actions développent les élèves lors de la mise en œuvre des situations d'action ?

→ $Q_{R-Elève-Exp}1B$: Quels schèmes développent les élèves lors de la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves dans les situations de formulation ?

→ $Q_{R-Elève-Exp}1C$: Quels schèmes mobilisent les élèves pour généraliser la règle d'action d'un schème d'action instrumentée dans la situation de validation ?

→ $Q_{R-Elève-Exp}1D$: Quels schèmes mobilisent les élèves pour valider l'adéquation d'une action instrumentée pour restaurer une figure dans la « situation de décision » ?

Nous avons également besoin de répondre à la question générale suivante :

QR2 : « Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ? »

Un second objectif de l'analyse des données recueillies dans l'expérimentation de l'ingénierie est de répondre aux sous-questions de recherche suivantes :

→ $Q_{R-PE-Exp}2A$: Quelles interventions mobilise l'enseignante lors de la validation des actions instrumentées proposées dans les situations d'action et de formulation ?

→ $Q_{R-PE-Exp}2B$: Quelles interventions mobilise l'enseignante pour institutionnaliser les connaissances et les compétences en jeu ?

→ $Q_{R-PE-Exp}2C$: Quel est l'impact des interventions de l'enseignante sur le développement et l'évolution des schèmes des élèves ?

→ $Q_{R-PE-Exp}2D$: Quelles interventions mobilise l'enseignante dans la situation de validation lors de la gestion de la discussion et la validation des énoncés des règles d'action ? lors de l'institutionnalisation des règles d'action ?

→ $Q_{R-PE-Exp}2E$: Quelles interventions mobilise l'enseignante dans la « situation de décision » lors de la gestion de la discussion et de la validation par la classe d'un argument proposé par un élève ?

8.2 Analyse a posteriori des situations d'action (problèmes 2, 3 et 4)

Notre objectif est ici de mettre en évidence le développement conjoint du concept de point et des schèmes d'actions associés à l'usage géométrique de la règle.

Pour cela, nous cherchons à répondre à la sous-question de recherche suivante :

Quels schèmes d'actions développent les élèves lors de la mise en œuvre de la suite de situations d'actions ? » ($Q_{R-Elèves-Exp}1A$).

Cette question contribue à répondre à la question de recherche générale suivante :

QR1a : Dans le contexte de la restauration de figures, quels types de schèmes mobilisent les élèves dans une dialectique de situations d'action, de formulation, de validation, de décision ?

8.2.1 Données utilisées

Nous avons recueilli des données plus riches et plus complètes dans l'une des deux classes. Nous allons donc, dans toutes nos analyses, utiliser les données issues de la première classe. Elles sont constituées des transcriptions des enregistrements vidéo des actions réalisées par les six élèves suivis pour restaurer les figures dans chacune des situations d'action 1, 2, 3 et 4. Nous traitons les données en respectant la méthodologie précisée dans la section 4.1. Nous avons complété les tableaux d'analyse individuels pour chacun des élèves suivis, puis complété un tableau d'analyse général pour les six élèves de la classe suivis. (L'ensemble des tableaux se trouve dans l'Annexe 7, p.409).

Au regard de la longueur de l'analyse des situations d'action, nous avons réalisé un schéma (Figure 43) pour faciliter le suivi des différentes étapes de l'analyse. Nous

l'insérons après chaque étape. Nous commençons par rendre compte de l'analyse globale du développement des schèmes mobilisés par les six élèves suivis, afin de les mettre en relation avec le développement des concepts en jeu, et notamment le concept de point. Nous effectuons ensuite une analyse détaillée des schèmes d'action d'un élève représentatif de l'évolution observée (Paul). Nous présentons ensuite l'analyse détaillée des schèmes d'action d'une élève représentative des résistances observées (Noémie). Enfin, nous analysons la gestion par l'enseignante de la « phase de validation ».

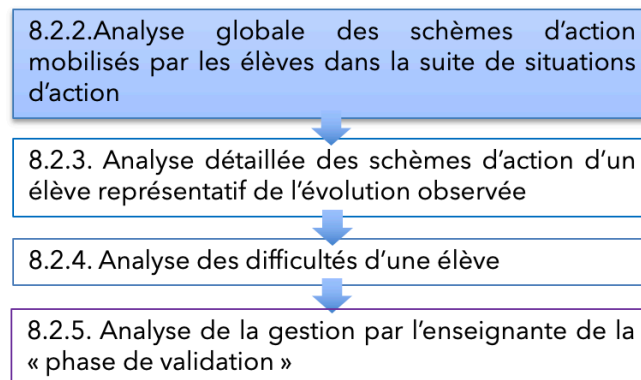


Figure 43 : Suivi de nos analyses - Situations d'action

Dans toutes nos analyses,

- l'expression « concept de point » réfère à un point d'une figure, c'est-à-dire un point vu comme sommet d'un des polygones qui composent une figure modèle. C'est ce que nous avons appelé $\text{point}_{\text{sommet}}$ pour notre étude ;
- l'expression « concept-en-acte de point » réfère à un point produit par l'intersection de deux demi-droites avec l'aide de la règle.

8.2.2 Analyse globale des schèmes d'action mobilisés par les élèves

La suite de situations d'action est composée de cinq problèmes de restauration. Nous rappelons que le problème 1 permet la dévolution des problèmes de restauration de figures. Les problèmes 2 et 3 permettent d'initier les schèmes d'action $S2_{\text{-relier-points-sommets}}$ et $S3_{\text{-prolonger}}$. A partir du problème 4, la mobilisation du schème d'action $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$ est nécessaire avant celle du schème d'action $S2_{\text{-relier-points-sommets}}$ pour réussir la restauration de la figure modèle donnée. Les problèmes 7 et 8 font partie d'une même séance. Ils ont été proposés après la mise en œuvre des deux situations de formulation. Ces deux derniers problèmes nous permettent d'évaluer les schèmes d'action développés par les élèves avant la mise en œuvre de la « situation de validation ». (L'ensemble des problèmes proposés se trouve dans l'Annexe 1, p.379, leur analyse *a priori* se trouve dans la section 6.1)

Nous présentons ci-dessous le tableau d'analyse général complété pour les 6 élèves suivis (Tableau 30). Nous utilisons les critères indiqués dans notre méthodologie pour coder avec des couleurs les schèmes d'action mobilisés et développés par les élèves, en référence aux schèmes attendus dans l'analyse *a priori*.

L'analyse des schèmes est en relation avec l'analyse du concept de point. Ainsi, dans ce qui suit, nous utilisons l'expression "propriétés d'un point" pour référer au contrôle par l'élève des propriétés d'incidence et/ou d'alignement existantes entre un point et des segments.

Nous précisons ci-dessous la signification des couleurs utilisées, puis les critères utilisés pour chacun des schèmes pour les coder dans une couleur donnée.

Signification du code couleur :

- la couleur verte indique que le schème est mobilisé, dans le contexte du problème proposé.
- la couleur orange indique que le schème est mobilisé ponctuellement dans le contexte du problème proposé.
- la couleur rouge indique que le schème n'est pas mobilisé dans le contexte du problème proposé.

• Critères utilisés pour coder le schème S2_{-relier-points-sommets} :

- code vert : si les actions réalisées par l'élève montrent qu'il contrôle systématiquement les propriétés des deux points situés aux extrémités d'un segment pour représenter un segment. Les actions réalisées montrent également que si nécessaire, l'élève reproduit au préalable les propriétés d'incidence ou d'alignement existantes entre un point et des segments.
- Code orange : si les actions réalisées par l'élève montrent que pour certains segments, l'élève ne contrôle pas les propriétés des points situés à ses extrémités. Dans ce cas, il sélectionne la donnée de deux points "déjà-là" et les relie pour représenter des segments.
- Code rouge : si les actions réalisées par l'élève montre qu'il sélectionne la donnée d'un seul point pour représenter un segment. Il trace ainsi la direction du segment au jugé. Le point sélectionné peut être un point_{-sommets} de polygone ou un point_{-extrémité-segment}.

• **Critères utilisés pour coder le schème S3_{-prolonger} :**

-Code vert : si les actions réalisées par l'élève montrent qu'il contrôle systématiquement la donnée d'un segment pour le prolonger en un autre segment

-Code orange : si les actions réalisées par l'élève montrent que pour certains segments, l'élève ne contrôle pas la donnée d'un segment pour produire un autre segment. Il sélectionne alors la donnée d'un seul point pour représenter un segment. Il trace ainsi la direction du segment au jugé. Le point sélectionné peut être un point_{-sommets} de polygone ou un point_{-extrémité-segment}.

-Code rouge : si les actions réalisées par l'élève montrent que pour tous les segments, il sélectionne un seul point pour représenter un segment. Il trace ainsi la direction du segment au jugé. Le point sélectionné peut être un point_{-sommets} de polygone ou un point_{-extrémité-segment}.

• **Critères utilisés pour coder le schème S4_{-reproduire alignement} :**

-Code vert : si les actions réalisées par l'élève montrent qu'il pense systématiquement à contrôler la présence d'une relation d'alignement de deux segments (sans extrémité commune) pour identifier quel segment sélectionner pour produire un autre segment.

-Code orange : si les actions réalisées par l'élève montrent qu'il ne pense pas toujours à contrôler la présence d'une relation d'alignement de deux segments (sans extrémité commune) pour identifier quel segment sélectionner pour produire un autre segment.

-Code rouge : si les actions réalisées par l'élève montrent qu'il ne pense pas à contrôler la présence d'une relation d'alignement de deux segments (sans extrémité commune) pour identifier quel segment sélectionner pour produire un autre segment.

Certaines cases du tableau sont grisées. Les cases grisées « Paul » et « Noémie » correspondent aux deux élèves pour qui nous allons analyser les schèmes de façon plus détaillée. Nous effectuons l'analyse détaillée du développement des schèmes de ces deux élèves en prenant appui sur trois séances. Les cases « séances 1, 3 et 6 » correspondent aux séances sélectionnées.

	Séance 1	Séance 2	Séance 3		Séance 6	Séance 6
Classe 1	Problème 2	Problème 3	Problème 4		Problème 7	Problème 8
Paul	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☒ S4		☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☑ S4
Elysa	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☒ S4		☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☑ S4
Fabien	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☑ S4		☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☑ S4
Antoine	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☒ S4		☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☑ S4
Lisa	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☒ S4		☑ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☑ S4
Noémie	☒ S2 ☒ S3	☒ S2 ☑ S3	☑ S2 ☑ S3 ☒ S4		☒ S2 ☑ S3	☒ S2 ☑ S3 ☒ S4

Tableau 30: Tableau global de l'analyse des schèmes d'actions des élèves - Classe n°1

Le tableau complété montre une évolution positive des trois schèmes d'action visés par l'ingénierie pour la majorité des 6 élèves suivis, dans le contexte des problèmes proposés :

Nous pouvons noter que le schème S3_{-prolonger} a rapidement été mobilisé par cinq des six élèves suivis. Le schème S2_{-relier-points-sommets} a commencé à être mobilisé après l'institutionnalisation de la relation d'alignement de segments, à l'issue de la résolution du problème 4. Nous pouvons noter qu'une élève (Noémie) a très peu mobilisé les trois schèmes d'action S2, S3 et S4 visés par la mise en œuvre des situations d'action.

Nous poursuivons avec l'analyse globale des composantes des schèmes.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles », les tableaux complétés pour chacun des élèves montrent que cinq d'entre eux ont évolué dans leurs « prises d'information, règles d'action et contrôle ».

Lors de la résolution des premiers problèmes, les élèves prélevaient des informations spatiales sur la figure modèle. Ainsi, une de leurs actions était de relier des points_{-extrémités-segments} pour représenter des segments, sans contrôler les relations d'incidence existantes entre les segments et les points_{-sommets} des polygones. Une autre de leurs actions était de tracer un segment en prenant appui sur la donnée d'un seul point_{-sommet} d'un polygone et sur une information spatiale de la direction du segment à tracer ainsi qu'une estimation de sa longueur sur la figure modèle. Les élèves mobilisaient donc des contrôles spatiaux.

Lors de la résolution de la suite des problèmes proposés, il est possible d'observer une partie des élèves réinvestir les actions instrumentées acceptées comme adéquates collectivement et institutionnalisées localement par l'enseignante. Ils explorent ainsi la possibilité de sortir du contour de la figure à compléter, prolonger des segments, tracer des demi-droites pour obtenir des points d'intersection qui rendent compte des propriétés de la figure modèle. La mobilisation de certaines règles d'action s'identifie lorsque seule la vision lignes L1 sur la figure est à mobiliser (problèmes 1 et 2). Les problèmes mobilisant la vision

lignes L2 (problèmes 4 à 8) ont amené les élèves à chercher comment obtenir les points d'intersection de deux demi-droites ou d'une demi-droite avec un segment, à définir les points-*sommets* des polygones qui composent la figure modèle, à identifier et expliciter l'existence d'une relation d'alignement entre certains segments.

L'analyse des actions des élèves sur les problèmes 7 et 8 permet de constater qu'une majorité d'entre eux cherchent à représenter le point-*sommet* d'un polygone comme point d'intersection deux demi-droites, de manière à rendre compte des propriétés de la figure modèle, c'est-à-dire des relations d'incidence existantes entre les points et les segments de la figure modèle. Les élèves relient ensuite les points-*sommets* des polygones ainsi définis pour représenter les segments composant la figure modèle. Pour cela, ils contrôlent la présence des informations nécessaires à sélectionner pour positionner leur règle de manière adéquate. Ils mettent ainsi en œuvre la règle d'action RA3 : « si un segment est donné, alors je peux positionner la règle sur ce segment et le prolonger pour représenter la demi-droite sur laquelle est posé un segment manquant de la figure modèle ». Ils mettent également en œuvre la règle d'action RA2 suivante : « si deux points-*sommets* d'un polygone sont donnés, alors je peux positionner la règle sur ces deux points et tracer un trait reliant ces deux points pour représenter un segment de la figure modèle ».

Enfin, sur les problèmes 5 à 8, une partie des élèves mobilisent également la règle d'action RA4 : « si un segment est aligné avec celui cherché, alors je peux positionner la règle sur ce premier segment et le prolonger pour obtenir la demi-droite sur laquelle est posé le segment de la figure modèle cherché ».

Les élèves mobilisent ainsi des contrôles à la fois spatiaux et géométriques.

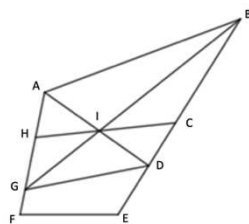
Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », l'analyse de la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles » et les tableaux complétés pour chacun des élèves montrent qu'une majorité d'entre eux ont modifié leurs représentations concernant le but à atteindre dans un problème de restauration de figure. Plus particulièrement, concernant le traitement des problèmes de restauration de figures, nous pouvons constater que ces élèves sont passés d'une problématique de modélisation analogique à une problématique de modélisation spatio-géométrique. Cela signifie qu'au début de la séquence, le but de certains élèves était de relier les points-*segments* et les points-*sommets* de polygone déjà là pour fermer le contour de la figure. Cette démarche permettait aux élèves d'obtenir une figure qui « ressemblait globalement » à la figure modèle. A la fin de la séquence, le but de la majorité des élèves est de représenter les points-*sommets* des polygones comme point d'intersection de deux demi-droites. La majorité des élèves cherche donc à représenter les points-*sommets* des polygones qui rendent compte des relations d'incidence existant entre les points et les segments, ainsi

que les relations d'alignement existantes entre les segments, avant de relier les points pour représenter les segments de la figure modèle.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) », les tableaux complétés pour chacun des élèves montrent une évolution du concept de point relativement positive. Celle-ci s'observe dans la forme opératoire des connaissances en jeu. En effet, de manière générale, une majorité des élèves mobilise le concept-en-acte de point défini par l'intersection de deux demi-droites pour représenter les points-sommets des polygones qui composent la figure modèle. Ils mobilisent également la relation d'alignement de deux segments pour représenter la direction des segments cherchés. Les élèves cherchent donc à rendre compte des propriétés de la figure modèle.

Par exemple, pour restaurer la figure modèle n°3 ci-dessous (Figure 44), les élèves mobilisent le schème $S3_{\text{prolonger}}$ et restaurent chacun des points I, H, C, A et B comme point d'intersection de deux demi-droites. Ils mobilisent alors le schème $S2_{\text{relier-sommets}}$ pour représenter le segment [AB] par une portion de droite délimitée par deux points.

Figure 3 :



Amorce n°1 (classe 1)

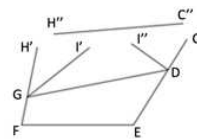


Figure 44 : Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°2

Nous venons d'analyser de manière globale les schèmes d'action développés par les élèves dans la suite des situations d'action. Nous présentons maintenant la conclusion de cette analyse.

Conclusion de l'analyse globale du développement des schèmes d'action des élèves

Nous présentons notre conclusion en deux parties pour distinguer l'analyse du développement des schèmes d'action des six élèves suivis avant et après la mise en œuvre des situations de formulation.

Avant la mise en œuvre des situations de formulation, nous pouvons noter que le schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$ est mobilisé par une majorité d'élèves. En revanche, les schèmes d'action $S4_{\text{reproduire-alignement}}$ et $S2_{\text{relier-points-sommets}}$ sont partiellement mobilisés dans le contexte des problèmes proposés. Le concept-en-acte de point produit par l'intersection de deux demi-droites est en cours de développement. La

relation d'alignement de deux segments a été explicitée par les élèves et institutionnalisée par l'enseignante lors de la troisième « situation d'action ». Un seul des élèves suivis a mobilisé cette relation d'alignement pour produire la direction d'un segment lors de la résolution du problème 4. Cette relation d'alignement a été identifiée après la restauration de la figure, lors d'un temps de description de ses actions avec une autre élève.

Après la mise en œuvre des situations de formulation, l'analyse de la dernière « situation d'action » montre que cinq élèves sur les six suivis ont mobilisé les schèmes d'actions $S2_{\text{-relier-points-sommets}}$, $S3_{\text{-prolonger}}$ et $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$ associés à l'apprentissage de l'usage géométrique de la règle. Le développement des schèmes d'action visés par la mise en œuvre de la suite de situations d'action semble donc initié chez ces élèves. Ce développement s'est effectué conjointement au développement du concept de point. Les élèves ont fait évoluer leurs représentations sur le concept de point et cherchent à produire des points sommets qui rendent compte des relations d'incidence existantes entre les points et les segments. Une élève sur les six suivis montre une faible mobilisation des schèmes d'action attendus.

Ainsi, à la fin de la mise en œuvre des quatre situations d'action, il est possible d'identifier dans l'action de cinq des élèves suivis le développement des formes opératoires des connaissances en jeu dans les problèmes proposés. Les élèves produisent un segment en prolongeant un autre segment. Ils prolongent un segment pour obtenir un autre segment ou une demi-droite. Pour cela, ils pensent à identifier et prélever des alignements de segments. Ils produisent le point sommet d'un polygone qui compose la figure par l'intersection de deux demi-droites. Ils produisent également un segment de la figure en reliant les deux points représentant ses extrémités.

Nous poursuivons avec l'analyse détaillée des schèmes d'action de deux élèves pour compléter cette analyse globale. Nous commençons par l'analyse détaillée des schèmes d'action de l'élève Paul, « représentant » de l'évolution positive des schèmes d'action observée chez la majorité des six élèves suivis. Cet élève a été choisi pour plusieurs raisons. La première raison repose sur le fait que le développement des schèmes discursif et communicatif de Paul s'est initié dès la mise en œuvre des situations de formulation. La deuxième raison repose sur le fait que nous disposons d'un grand nombre de données pour cet élève. Nous avons par exemple recueilli les descriptions orales de ses actions instrumentées lors de la mise en œuvre des situations d'action. L'analyse des schèmes de cet élève nous permet donc de rendre compte de l'évolution conjointe du concept de point et des schèmes de manière assez complète.

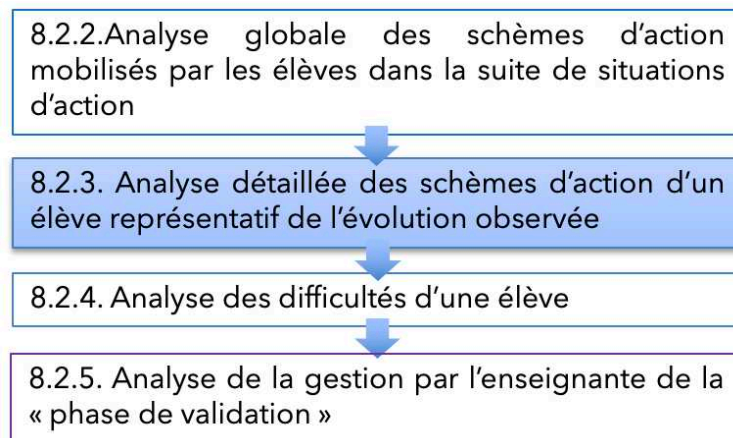


Figure 45 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.3. Analyse détaillée des schèmes de Paul

8.2.3 Analyse détaillée de l'évolution conjointe du concept de point et des schèmes d'action d'un élève : cas de Paul

L'objectif de cette analyse détaillée est de mettre en évidence, chez un même élève, le développement du processus de conceptualisation au fur et à mesure de la mise en œuvre de la suite de « situations d'action, formulation, validation et décision ». Notre intention est de mettre en relation ce processus avec la capacité des élèves à argumenter sur la validité d'une action instrumentée à la fin de la mise en œuvre de la suite de situations.

Nous commençons donc par analyser ici de manière plus détaillée l'évolution des schèmes d'action d'un élève : Paul, à trois moments de la suite des situations d'action. Pour cela, nous allons analyser les représentations initiales et finales de cet élève sur le concept de point, ainsi que les schèmes mobilisés au début et à la fin de la mise en œuvre des situations d'action.

L'analyse de la résolution du problème 2 de la séance 1 par Paul permet de rendre compte de ses représentations initiales concernant le concept de point lorsqu'il s'agit de mobiliser une vision lignes L1 sur les figures et les actions instrumentées qu'il a réalisées. L'analyse de la résolution du problème 4 de la séance 3 par Paul permet de rendre compte des difficultés des élèves à représenter le concept de point lorsqu'il s'agit de mobiliser la vision lignes L2 sur la figure, et les actions instrumentées qui en découlent. Enfin, l'analyse de la résolution des problèmes de la séance 6 permet de rendre compte du développement du concept de point et des actions instrumentées de Paul après la mise en œuvre de l'ensemble des situations d'action et de formulation, et avant la proposition de la « situation de validation » (séance 7).

Dans la suite, les points des différents polygones qui composent la figure modèle sont nommés pour permettre une présentation des analyses plus aisée, mais aucun nom de point n'apparaît sur les documents présentés aux élèves et ces derniers n'ont pas ajouté de noms aux points.

→ **Paul - Séance 1- Problème n°2 :**

Figure modèle n°2 :

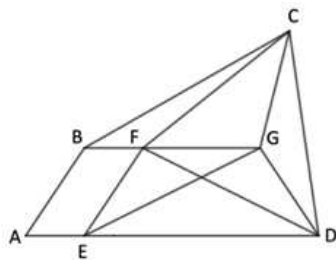
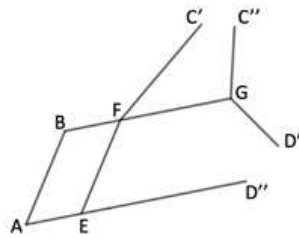


Figure à compléter :



Production de Paul :

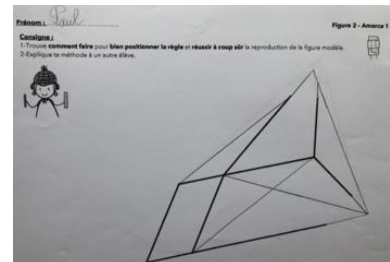


Tableau 31: Restauration du problème n°2 réalisée par Paul

Organisation de la suite des actions élémentaires réalisées par Paul :

Épisode 1 : segment [BC'].

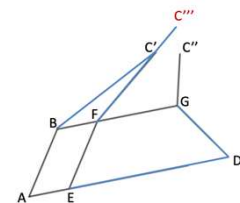
Paul positionne sa règle sur le point B et le point C'.
Il relie ces deux points.
Il obtient le segment [BC'].

Épisode 2 : point D.

Paul positionne sa règle sur chacun des segments [ED''] et [GD'] et les prolonge jusqu'à obtenir un point d'intersection.
Il obtient alors le point_{sommet} D du quadrilatère FGDE, ainsi que les segments [ED] et [GD].

Épisode 3 : segment [FC'''].]

Paul positionne sa règle sur le segment [FC'] et le prolonge.
Nous nommons C''' l'extrémité du segment tracé.
Il obtient le segment [FC'''].]

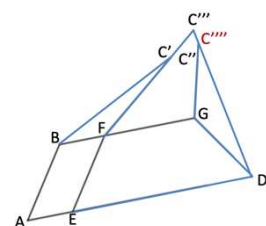


Épisode 4 : segment [DC'''].]

Paul positionne sa règle sur le point D et le point C''' Il relie ces deux points. Il obtient le segment [DC'''].]

Épisode 5 : segment [GC'''].]

Paul positionne sa règle sur le segment [GC''].
Il le prolonge jusqu'à obtenir un point d'intersection C'''' avec le segment [DC'''].]



Il obtient le segment $[GC''']$

Épisode 6 : segments $[FD]$ et $[GE]$.

Il relie les points-sommets F et D puis G et E du quadrilatère $FGDE$. Il obtient les segments $[FD]$ et $[GE]$.

• Analyse des schèmes d'action mobilisés par Paul :

→ Schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$

Les actions élémentaires réalisées pour tracer les segments $[FC]$, $[GC]$, $[ED]$ et $[GD]$ montrent que Paul prélève l'information visuelle « présence d'un segment » et en déduit la possibilité de le prolonger pour restaurer le segment manquant. Il mobilise la règle d'action $RA3$ « si un segment est donné, alors je peux positionner la règle sur ce segment et le prolonger pour représenter la demi-droite que laquelle est posé un segment manquant de la figure modèle ».

Nous pouvons en déduire que le schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$ est mobilisé dans la résolution de ce problème.

→ Schème d'action $S2_{\text{relier-points-sommets}}$:

Les actions élémentaires réalisées pour tracer les segments $[BC']$ (et $[DC''']$) montrent qu'en termes de prises d'information, Paul ne sélectionne pas les « bons » points pour tracer ces segments. En effet, il sélectionne les points-extrémités-segments déjà là et ne contrôle pas les relations d'incidence existant entre le point C et les droites (FC') , (GC'') et (BC) . En effet, le point C doit appartenir à ces trois droites pour représenter le point-sommet C du quadrilatère $ABCD$.

Cette absence de contrôle ne lui permet pas d'anticiper un sous-but à atteindre : restaurer au préalable le point C en prolongeant les segments $[FC']$ et $[GC'']$. Il en est de même pour les actions qu'il a réalisées pour tracer le segment $[DC''']$. Paul mobilise donc l'action $R1$: « relier un point-sommet de polygone et un point-extrémité-segment quelconque ». Par conséquent, son action de relier deux points est inadéquate, elle ne permet pas de reproduire les segments $[BC]$ et $[DC]$ de la figure modèle. Paul ne mobilise donc pas la règle d'action $RA2$ attendue : « si deux points-sommets sont donnés, alors je peux positionner la règle sur ces deux points et les relier pour représenter le segment de la figure modèle ».

Nous en déduisons que Paul n'a pas encore développé le schème d'action $S2_{\text{relier-points-sommets}}$.

• Analyse de la représentation du concept de point :

Concernant le concept de point, les actions instrumentées mobilisées par Paul montrent qu'il ne fait pas la différence entre un point-extrémité-segment quelconque et un point-sommet de la figure modèle. De fait, son but est essentiellement orienté sur le tracé de segments à partir des points-extrémité-segment déjà là, sans contrôler que

ces points représentent les points_{sommets} des polygones qui composent la figure modèle.

A cette étape de la séquence, Paul ne cherche pas à représenter le point_{sommet} d'un polygone par la production du point d'intersection de deux demi-droites. Le concept-en-acte de point défini par l'intersection de deux demi-droites n'est donc pas encore développé. Paul ne dispose pas encore de cette connaissance-en-acte sur laquelle repose l'opérationnalité du schème S2_{-relier-points-sommets}.

• **En ce qui concerne le processus de déconstruction dimensionnelle**, nous pouvons également déduire de l'organisation des actions de Paul qu'il mobilise essentiellement une vision surfaces sur la figure pour la restaurer. La vision lignes L1 sur la figure est peu sollicitée. Paul ne perçoit pas toutes les relations d'incidence existantes entre les points et les segments de la figure. Il ne pense donc pas toujours à tracer des demi-droites à partir des segments donnés sur la figure.

→ **Paul - Séance 3- Problème 4 :**

Figure modèle n°4 :

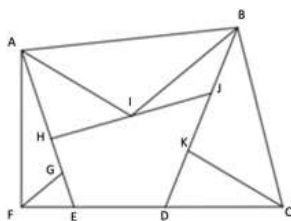
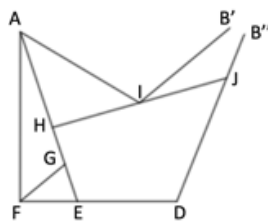


Figure à compléter :



Production de Paul :

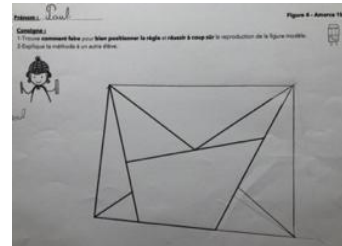


Tableau 32: Restauration du problème n°4 réalisée par Paul

• **Organisation de la suite des actions élémentaires réalisées par Paul :** **Épisode 1 : point B.**

Paul positionne sa règle sur le segment $[IB']$ et le prolonge, trace la demi-droite $[IB')$. Il positionne ensuite sa règle sur le segment $[JB'']$ et le prolonge jusqu'à obtenir le point d'intersection B avec la demi-droite $[JB')$ précédemment tracée.

Il obtient le point_{sommet} B du triangle IBJ et les segments $[IB]$ et $[JB]$.

Épisode 2 : segment [AB]

Il positionne sa règle sur les deux points A et B et les relie.

Il obtient le segment $[AB]$.

Épisode 3 :

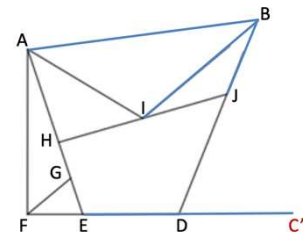
Paul positionne sa règle sur le point B. Il cherche alors à orienter sa règle vers le point C à obtenir de manière approximative, hésite et finit par changer de décision.

Épisode 4 : segment [EC']

Paul positionne sa règle sur le segment [ED] et le prolonge. Il s'arrête approximativement dans la zone du point C à obtenir.

Nous nommons C' l'extrémité du trait tracé.

Il obtient le segment [DC'].



Épisode 4 : segment [BC']

Paul positionne sa règle sur le point B et le point C'.

Il verbalise son incertitude « je ne suis pas très sûr là... »

Il trace et obtient le segment [BC'].

Épisode 5 : segment [C'K']

Paul positionne sa règle sur le point C' et oriente sa règle en direction du point K à obtenir de manière approximative. Il trace. Il obtient le segment [C'K'].

L'intervention de l'enseignante et l'identification de la relation d'alignement entre deux segments formulée par sa binôme Elysa, le conduiront ensuite à tracer à nouveau la direction du segment [KC] en prenant appui sur la relation d'alignement des deux segments. La demi-droite qu'il trace arrive « par chance » sur le point C' précédemment obtenu. Il ne prend donc pas conscience de la nécessité de revoir la planification de ses actions.

• Analyse des schèmes d'action mobilisés par Paul :

→ Schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$

Tout comme pour le problème 2, nous pouvons déduire des actions réalisées que le schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$ est mobilisé. Par ailleurs, la présence de segments alignés [ED] et [DC] avec une extrémité commune D a permis d'enrichir ce schème. Paul prélève ainsi de l'information « donnée d'un segment » la possibilité de le prolonger pour produire la direction d'un autre segment. Il mobilise à nouveau correctement la règle d'action RA3.

→ Schème d'action S4_{-reproduire-alignement}

Les actions réalisées montrent que Paul n'a pas prélevé la relation d'alignement existante entre le segment cherché et un segment donné sur la figure à compléter, dans le cas où les segments n'ont pas d'extrémité commune. Cette connaissance-en-acte n'est pas disponible. Paul ne pense donc pas à mobiliser la règle d'action RA4 : « si un segment donné est aligné avec celui cherché, alors je peux positionner la règle sur ce segment et le prolonger pour représenter la demi-droite sur laquelle est posé le segment de la figure modèle cherché ». Ce schème d'action n'est pas encore développé.

→ Schème d'action S2_{-relier-points-sommets}

Nous pouvons constater un début de développement de ce schème en analysant l'organisation de l'action de Paul pour tracer le segment [AB]. En effet, contrairement au problème 2, Paul contrôle la nécessité de représenter le point_{sommet} B du triangle IBJ comme point d'intersection des demi-droites [IB') et [JB'') avant de tracer le segment [AB]. Il anticipe ainsi un sous-but : représenter le point_{sommet} B du triangle IBJ, et mobilise pour cela le schème d'action S3_{-prolonger}.

En revanche, l'analyse de l'organisation des actions pour tracer le segment [BC] montre que ce schème S2_{-relier-points-sommets} n'est plus mobilisé ensuite. Pourtant, les hésitations observées chez Paul nous font supposer qu'il s'est questionné sur l'adéquation de son action. Mais la non-disponibilité de la connaissance-en-acte sur la relation d'alignement de deux segments ne lui a pas permis d'obtenir le point C manquant comme point d'intersection des deux demi-droites [ED) et [AI). En effet, il s'agissait de reproduire la relation d'alignement existante entre le point C et le segment [ED], ainsi qu'entre le point C et le segment [AI]. Par conséquent, Paul relie le point_{sommet} B du triangle IBJ avec point_{extrémité-segment} C'. Il mobilise l'action R1 : « relier un point_{sommet} et un point_{extrémité-segment} quelconque ». Le segment [BC'] obtenu ne représente donc pas le segment [BC] de la figure modèle.

Le schème S2_{-relier-points-sommets} est donc en cours de développement.

• Analyse de la représentation du concept de point d'une figure :

Concernant le concept de point, la planification des actions instrumentées mobilisées par Paul montre qu'il commence à faire la différence entre un point_{extrémité-segment} quelconque et un point_{sommet} de la figure modèle. De fait, son but s'oriente davantage sur la représentation des points_{sommets} des polygones qui composent la figure modèle, avant de représenter les segments de cette dernière. A cette étape de la séquence, les actions instrumentées et les hésitations observées montrent que Paul cherche à représenter le point_{sommet} d'un polygone par la production du point d'intersection de deux demi-droites. Le concept-en-acte de point défini comme point d'intersection de deux demi-droites est en cours de construction.

- **En ce qui concerne le processus de déconstruction dimensionnelle**, nous pouvons en déduire que Paul mobilise la vision surfaces et la vision lignes L1 sur la figure pour la restaurer, mais pas la vision lignes L2. La planification de ses actions et le fait qu'il effectue volontiers des tracés qui sortent du contour, montrent qu'il se détache de la chronologie propre au tracé des segments successifs qui composent le contour global de la figure modèle ABCF. Son but commence à s'orienter sur la représentation des points qui définissent la figure : il cherche à représenter les propriétés d'incidence existantes entre les points et les segments.

Les problèmes 6 et 7 ont fait partie d'une même séance. Ils ont été proposés après la mise en œuvre des situations de formulation. Notre but était de pouvoir analyser à nouveau les schèmes d'action des élèves en « situation d'action » après les « situations de formulation » et avant de proposer la « situation de validation ».

Nous présentons l'organisation de la suite des actions élémentaires pour chacun des deux problèmes. Nous proposons une analyse commune aux deux problèmes ensuite.

→ **Paul - Séance 6 - Problème 7 :**

Figure modèle :

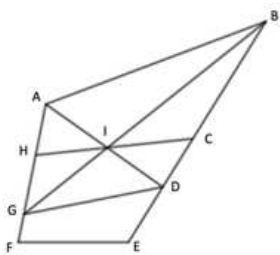
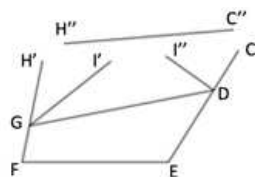


Figure à compléter :



Production de Paul :

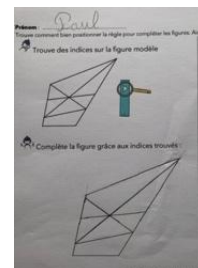


Tableau 33: Restauration du problème n°7 réalisé par Paul

• **Organisation de la suite des actions élémentaires réalisées par Paul :**

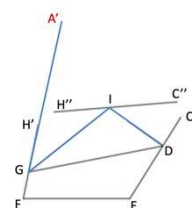
Épisode 1 : point I.

Paul positionne sa règle sur chacun des segments $[GI']$ et $[DI'']$ et les prolonge. Il obtient le point_{sommet} I du triangle IGD ainsi que les segments $[GI]$ et $[DI]$.

Épisode 2 : point A.

Paul positionne sa règle sur le segment $[FH']$. Il le prolonge. Il obtient la demi-droite $[FA')$.

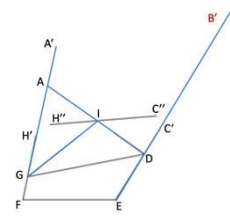
Il positionne sa règle sur le segment $[DI'']$. Il le prolonge jusqu'à obtenir un point d'intersection. Il obtient le point_{sommet} A des triangles IHA et GDA ainsi que les segments $[HA]$ et $[IA]$.



Épisode 3 : point B

Paul positionne sa règle sur le segment $[EC']$. Il le prolonge. Il obtient la demi-droite $[EB']$.

Il positionne sa règle sur le segment $[GI]$. Il le prolonge jusqu'à obtenir le point d'intersection B. Il obtient le point_{sommet} B des triangles IBC , GDB ainsi que les segments $[GB]$ et $[EB]$.



Épisode 4 : segment $[AB]$

Paul positionne sa règle sur les deux points A et B et les relie. Il obtient le segment $[AB]$.

Épisode 5 : segment $[HC]$

Paul positionne sa règle sur le segment $[H''C'']$. Il le prolonge de part et d'autre jusqu'à obtenir les points d'intersections H et C respectivement avec les segments $[FA]$ et $[EB]$. Il obtient les points_{sommets} H et C du quadrilatère HCEF.

→ Paul - Séance 6 - Problème 8 :

Figure modèle :

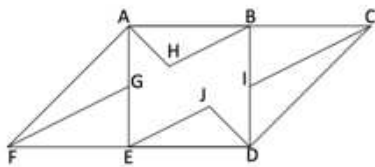
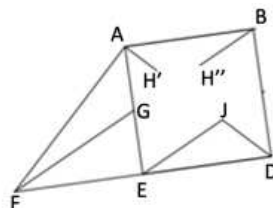


Figure à compléter :



Production de Paul :



Tableau 34: Restauration du problème n°8 réalisée par Paul

• Organisation de la suite des actions élémentaires réalisées par Paul :

Épisode 1 : point H

Paul positionne sa règle sur chacun des segments $[AH']$ et $[BH']$ et les prolonge jusqu'à obtenir le point_{sommet} H du triangle ABH comme point d'intersection des deux demi-droites $[AH']$ et $[BH']$. Il obtient aussi les segments $[AH]$ et $[BH]$.

Épisode 2 : point C

Paul positionne sa règle sur le segment $[AB]$, aligné avec le segment $[BC]$. Il le prolonge pour tracer la demi-droite $[AC]$.

Paul positionne sa règle sur le segment $[EJ]$, aligné avec le segment $[IC]$. Il le prolonge à partir du point I. Il obtient le point_{sommet} C des triangles IBC et EAC comme point d'intersection des deux demi-droites $[AC]$ et $[IC]$. Il obtient également les segments $[BC]$ et $[IC]$.

Paul positionne sa règle sur les deux points C et D et les relie pour tracer le

segment [CD].

• Analyse des schèmes d'action mobilisés sur les problèmes 6 et 7 :

→ Schème d'action S3_{-prolonger}

Les actions réalisées par Paul sur ces deux problèmes montrent à nouveau que ce schème d'action est mobilisé. Paul contrôle la donnée d'un segment pour le prolonger et produire un autre segment ou une ligne droite. Il mobilise à nouveau correctement la règle d'action RA3.

→ Schème d'action S4_{-reproduire-alignement}

Les actions réalisées par Paul montrent que contrairement au problème 3, ce schème d'action est mobilisé. En effet, nos analyses montrent que Paul contrôle la direction du segment à obtenir en prenant appui sur une information pertinente : une propriété géométrique de la figure modèle. Ainsi, il reproduit maintenant une relation d'alignement entre deux segments, lorsque les segments alignés n'ont pas d'extrémité commune. Sur ces derniers problèmes, nous pouvons donc constater que Paul mobilise la règle d'action RA4 : « si un segment donné est aligné avec le segment cherché, alors je peux positionner la règle sur ce segment et le prolonger pour représenter la demi-droite sur laquelle est posé un segment de la figure modèle ».

→ Schème d'action S2_{-relier-points-sommets}

Les actions réalisées par Paul montrent que ce schème d'action est mobilisé. Paul contrôle la donnée de deux points_{-sommets} d'un polygone pour représenter le segment de la figure modèle. La construction de la connaissance concernant la relation d'alignement de deux segments permet maintenant à Paul de penser à reproduire les points_{-sommets} des polygones qui composent la figure modèle avant de les relier pour reproduire un segment de figure modèle. Ainsi, si les deux points_{-sommets} d'un polygone ne sont pas donnés, Paul met en œuvre les actions nécessaires pour atteindre ce sous-but. Il mobilise pour cela les deux autres schèmes d'action que nous venons d'analyser ci-dessus avant de mobiliser son schème d'action S2_{-relier-points-sommets}.

A la fin de la suite des situations d'action et de formulation, nous pouvons donc constater que Paul a développé les 3 schèmes d'action visés par la séquence.

• Analyse de la représentation du concept de point :

Concernant le concept de point, nous pouvons constater qu'à la fin de la suite de situations d'action et de formulation, Paul fait la différence entre un point_{-extrémité-segment} quelconque et un point_{-sommets} de la figure modèle. Pour cela, il contrôle les relations existantes entre les segments et les points. Son but est de représenter les

points_{sommets} des polygones qui composent la figure modèle, avant de représenter les segments de cette dernière.

Le développement du concept de point est visible dans les formes opératoires des connaissances en jeu. Paul cherche à représenter le point_{sommet} d'un polygone par la production du point d'intersection de deux demi-droites. Pour cela, il anticipe les sous-buts à atteindre et les actions instrumentées à réaliser pour représenter les points et les segments de la figure modèle. Paul a également identifié que deux segments peuvent être alignés et mobilise cette connaissance pour conduire ses actions instrumentées. Le concept-en-acte de point défini comme point d'intersection de deux demi-droites est donc mobilisé.

• **Concernant le processus de déconstruction dimensionnelle**, nous pouvons en déduire qu'il est « enclenché », il reste à renforcer. Paul mobilise à la fois la vision surfaces et les visions lignes L1 et L2 pour restaurer une figure.

Conclusion de l'analyse détaillée des schèmes de Paul :

L'analyse que nous venons d'effectuer montre donc que Paul a développé le concept de point, vu comme le sommet d'un des polygones qui compose la figure modèle, progressivement et conjointement au développement des schèmes d'action associés à l'usage géométrique de la règle. Paul mobilise le concept-en-acte de point défini par le point d'intersection de deux demi-droites avec l'aide de la règle.

Les formes opératoires des connaissances développées dans la suite de « situations d'action » s'observent de la manière suivante :

• Le schème d'action S3_{prolonger} permet tout d'abord à l'élève de penser à produire un segment ou une demi-droite en prolongeant un segment. Il permet également à l'élève de penser à produire le point_{sommet} d'un polygone qui compose la figure modèle par l'intersection de deux demi-droites. Si nous prenons comme exemple la figure ci-dessous (figure .9), le schème d'action S3_{prolonger} permet à l'élève de produire le point_{sommet} H du triangle AHB en prolongeant les deux segments [AH'] et [BH''] constitutifs des segments [AH] et [BH] de la figure modèle. L'élève mobilise ici une vision surfaces et une vision lignes L1 sur la figure pour produire le point H. En effet, le point H est vu sur la figure modèle comme point d'intersection des deux segments [AH] et [BH].

Figure modèle n°5 :

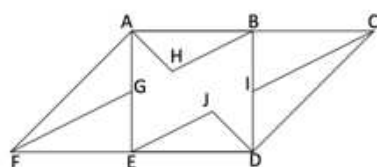


Figure à compléter :

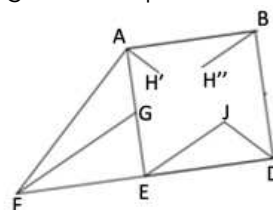


Figure 46 : Figure modèle et amorce proposée dans le problème de restauration n°8

- La mobilisation du schème d'action $S4_{\text{reproduire-alignement}}$ vient ensuite enrichir le schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$. Si nous prenons comme exemple la figure ci-dessus (Figure 46), le schème $S3_{\text{prolonger}}$ permet tout d'abord à l'élève de produire la direction du segment [BC] en prolongeant le segment [AB]. Le schème $S4_{\text{reproduire-alignement}}$ permet à l'élève de produire la direction du segment [IC] en prolongeant le segment [EJ], aligné avec le segment [IC]. La mobilisation des schèmes d'action $S3$ et $S4$ permet donc à l'élève de produire l'intersection des deux demi-droites [AB) et [EJ) pour représenter le point_{sommet} C des triangles IBC et EAC. L'élève mobilise ici la vision lignes L2 sur la figure. En effet, le point C est vu comme point d'intersection du segment [BC] avec la demi-droite [EJ).
- Le développement du concept de point et des schèmes d'action $S3_{\text{prolonger}}$ et $S4_{\text{reproduire-alignement}}$ permet alors la mobilisation du schème d'action $S2_{\text{relier-points-sommets}}$. L'élève produit le segment d'une figure après avoir identifié ou cherché à représenter les deux points situés à ses extrémités.

L'évolution des schèmes d'action se traduit également par une évolution des contrôles réalisés par Paul.

Par exemple, dans le problème 2, Paul ne contrôle pas la donnée de deux points_{sommets} d'un polygone pour représenter un segment de la figure modèle. Il commence à réaliser ce contrôle dans le problème 4. Il le mobilise complètement dans les problèmes 5 et 6.

Dans le problème 4, Paul ne dispose pas de la connaissance : « deux segments peuvent être alignés ». Il ne peut donc pas penser à contrôler la donnée d'un segment pour reproduire la direction de chaque segment cherché. En revanche, dans le problème 8, Paul a acquis cette connaissance. Il contrôle la donnée d'un segment pour reproduire la direction de tous les segments cherchés.

Nous poursuivons maintenant avec l'analyse des difficultés d'une élève.

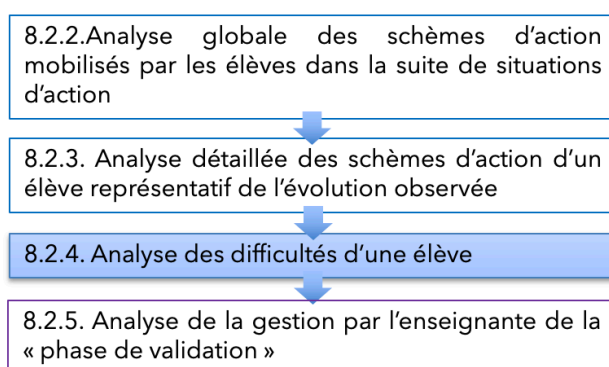


Figure 47 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.4 - Analyse détaillée des difficultés d'une élève

8.2.4 Analyse détaillée des difficultés d'une élève

Les schèmes d'action d'une élève parmi les six élèves suivis (Noémie) ont très peu évolué lors de la mise en œuvre des situations d'action et de formulation. L'analyse du tableau complété pour cette élève montre que Noémie a peu mobilisé le schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$. Noémie mobilise une vision surfaces sur la figure et trace des traits au jugé pour fermer le contour des polygones qui composent la figure modèle. Cette élève résout ainsi l'ensemble des problèmes dans une problématique de modélisation analogique.

Nous faisons le choix d'analyser de manière détaillée le problème 4 proposé dans la « situation d'action » qui précède la mise en œuvre des situations de formulation. Cela nous permettra de comprendre les raisons de ses difficultés dans la mise en œuvre des situations de formulation.

Figure modèle :

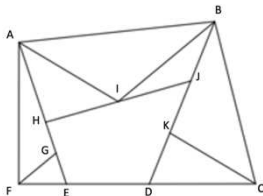
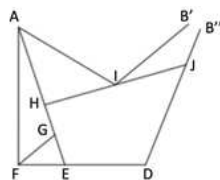


Figure à compléter :



Production de Noémie :



Tableau 35: Restauration du problème n°4 réalisée par Noémie

• Organisation de la suite des actions élémentaires réalisées par Noémie :

Épisode 1 : point B

Noémie positionne sa règle sur le segment $[IB']$. Elle le prolonge pour tracer le segment $[IB''']$. Elle positionne ensuite sa règle sur le segment $[JB'']$. Elle le prolonge jusqu'à produire le point d'intersection B. Elle obtient le point_{sommet} B du triangle IJB.

Épisode 2 : segment $[AB]$

Noémie positionne sa règle sur les points A et B. Elle obtient le segment $[AB]$.

Épisode 3 : segment $[DC']$

Noémie positionne sa règle sur le point D. Elle trace le segment $[DC']$ au jugé à partir du point D. Elle obtient le point_{extrémité-segment} C' .

Épisode 4 : segment $[BC']$

Noémie positionne sa règle sur le point B et le point C' . Elle relie les points B et C' . Elle obtient le segment $[BC']$.

Épisode 5 : segment $[C'K']$

Noémie positionne sa règle sur le point C' . Elle trace le segment $[C'K']$ au jugé à partir du point C' . Elle obtient le point_{extrémité-segment} K' .

• Analyse des schèmes d'action instrumentée mobilisés sur le problème 4 :

→ Schème d'action $S3_{\text{prolonger}}$

Les actions instrumentées réalisées par Noémie montrent que ce schème d'action est mobilisé uniquement pour prolonger les segments [IB'] et [JB''].

→ Schème d'action S4_{-reproduire-alignement}

Les actions instrumentées réalisées par Noémie montrent que ce schème d'action n'est pas mobilisé.

→ Schème d'action S2_{-relier-points-sommets}

Les actions instrumentées réalisées par Noémie montrent que ce schème est mobilisé uniquement pour produire segment [AB].

• **Analyse de la représentation du concept de point :**

Concernant le concept de point, Noémie fait peu la différence entre un point_{extrémité-segment} quelconque et un point_{-sommets} d'un des polygones qui compose la figure modèle. Elle ne pense pas à contrôler les relations d'incidence existantes entre les points et les segments, ni les relations d'alignement existantes entre certains segments.

Le développement du concept de point n'est pas visible dans les formes opératoires des connaissances en jeu. Les actions instrumentées réalisées par Noémie montrent qu'elle ne pense pas à prolonger un segment donné en une demi-droite pour obtenir la direction d'un autre segment. Par conséquent, Noémie ne produit pas les intersections des demi-droites nécessaires pour représenter les points_{-sommets} des polygones qui composent la figure modèle. Le concept-en-acte de point défini par l'intersection de deux demi-droites n'est donc pas encore développé.

• **Concernant le processus de déconstruction dimensionnelle :** nous pouvons déduire de l'analyse qu'il n'est pas enclenché. Noémie mobilise majoritairement une vision surfaces sur la figure modèle pour la restaurer. Elle semble initier la vision lignes L1 sur la figure uniquement lorsqu'une partie des segments du contour d'un polygone sont donnés (Si nous reprenons l'exemple analysé (Tableau 35), seule la donnée des segments [IB'] et [JB''] permet d'observer Noémie prolonger un segment).

Nous terminons cette analyse avec la description des limites que nous avons identifiées.

Conclusion : limites identifiées dans la suite des situations d'action élaborée

Notre ingénierie de situations prévoit la mise en œuvre de trois situations d'action avant la mise en œuvre des situations de formulation. L'analyse globale des six élèves suivis, ainsi que l'analyse détaillée des deux élèves Paul et Noémie montre qu'aucun élève n'a mobilisé le schème d'action $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$ à l'issue de la troisième « situation d'action ». Nous pouvons faire l'hypothèse qu'une « situation d'action » supplémentaire, ou une « situation de formulation » suivie d'une institutionnalisation locale par l'enseignante de connaissances et compétences à mobiliser, seraient nécessaires pour permettre aux élèves de mobiliser le schème d'action $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$ dans la résolution d'un autre problème.

Par ailleurs, l'analyse détaillée de l'organisation des actions de Noémie montre qu'elle a très peu mobilisé le schème d'action $S3_{\text{-prolonger}}$. Pour nous, ce schème est essentiel à l'émergence et la mobilisation des deux autres schèmes d'action $S4$ et $S2$. Nous faisons donc l'hypothèse que Noémie rencontrera peut-être des difficultés pour communiquer les actions instrumentées à réaliser dans les situations de formulation.

L'analyse des schèmes de Paul et Noémie lors de la mise en œuvre des situations de formulation permettra de confirmer ou non nos hypothèses.

Nous poursuivons avec l'analyse des interventions de l'enseignante mises en œuvre dans les situations d'action (problèmes 2, 3 et 4) et de formulation (problèmes 5 et 6).

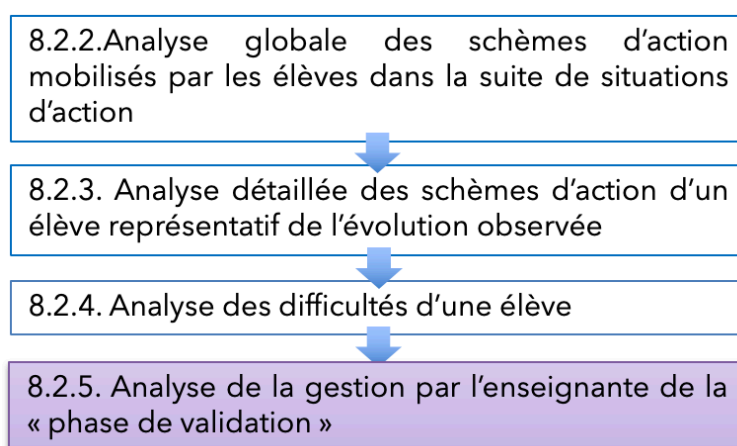


Figure 48 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5 - Analyse de la gestion par l'enseignante de la « phase de validation »

8.2.5 Analyse de la gestion par l'enseignante de la phase de validation

Nous rappelons que nous avons posé un enjeu de certitude dans les situations d'action et de formulation. Il s'agit pour les élèves de trouver et proposer des

actions instrumentées qui permettent de réussir à coup sûr la restauration d'une figure avec la règle. Nous allons analyser ici la gestion par l'enseignante de la phase de validation par la classe d'une action instrumentée proposée par un élève dans la mise en œuvre des situations d'action (problèmes 2, 3, et 4) et de formulation (problèmes 5 et 6. (Le scénario proposé à l'enseignante pour gérer la « phase de validation » se trouve dans l'Annexe 5, p.394, il est également décrit dans les sections 3.2 et 3.3.2).

Dans ce qui suit, l'élève interrogé pour proposer une action instrumentée à l'enseignante est appelé « élève-proposant ». Le terme « proposant » fait référence à Plantin (1996, p.20). Nous avons également demandé à l'enseignante de mener un jeu spécifique lors du moment de mise à l'épreuve et la validation par la classe des actions instrumentées proposées par les élèves : le jeu de la validation. Nous faisons l'hypothèse que la mise en œuvre de ce jeu est susceptible d'agir sur l'émergence du schème communicatif et du schème discursif des élèves tels que nous les avons définis dans les sections 3.5.2, 4.1.2 et 4.1.3.

L'objectif de cette analyse est de répondre à deux sous-questions de recherche :

Quelles interventions mobilise l'enseignante lors de la validation par la classe des actions instrumentées proposées dans les situations d'action et de formulation ? (Q_{R-PE-Exp2A})

Quelles interventions mobilise l'enseignante pour institutionnaliser les connaissances et les compétences en jeu ? (Q_{R-PE-Exp2B}).

L'analyse des interventions de l'enseignante sur les situations d'action et de formulation contribue à répondre à la question de recherche suivante :

QR-PE : « Quelles interventions de l'enseignante impactent le développement des schèmes des élèves ? ».

Pour cela, nous avons besoin de caractériser ces interventions pour analyser ensuite leur éventuel impact sur l'émergence et la mobilisation des schèmes des élèves. Nous cherchons à mettre en évidence les interventions qui impactent le développement du schème communicatif des élèves et celles qui impactent le développement du schème discursif des élèves.

8.2.5.a Données utilisées

Nous avons sélectionné les moments de gestion du jeu de la validation par l'enseignante de la première classe lors de la mise en œuvre des trois situations d'action et des deux situations de formulation.

Nous avons alors transcrit ces enregistrements et suivi la méthodologie indiquée dans la section 4.2 pour traiter les données sélectionnées.

Nous avons codé les transcriptions en appui sur nos deux grilles d'analyse (voir section 4.2.1 et 4.2.2). Ces grilles nous permettent d'anticiper les différentes interventions possibles de l'enseignante dans la mise en œuvre du jeu de la validation. L'ensemble des transcriptions et les tableaux complétés des interventions de l'enseignante sur chacune des situations se trouvent dans les Annexes 11 et 12 (p.518 et p.562).

Nous avons donc complété un premier tableau pour rendre compte des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur le développement des schèmes communicatifs des élèves. Nous avons complété un autre tableau pour rendre compte de celles susceptibles d'agir sur le développement du schème discursif des élèves. Dans chacun des deux tableaux, nous avons indiqué le nombre d'occurrences de chaque critère pour chacune des situations. Nous avons ensuite réalisé deux tableaux globaux (Tableaux 36 et 37) pour indiquer le nombre d'occurrences des critères identifiés sur l'ensemble des situations d'action et de formulation.

Nous analysons alors le jeu de la validation mené par l'enseignante en suivant la chronologie des quatre « stades d'un dialogue argumentatif » définis par Plantin (1996) : nous analysons tout d'abord de manière globale les interventions de l'enseignante mises en œuvre dans le « premier stade : une proposition », puis celles réalisées sur le « deuxième stade : une opposition », le « troisième stade : une question » et le « quatrième stade : des arguments ». Nous analysons ensuite les moments d'explicitation des connaissances et compétences identifiés. Ces analyses nous permettent de conclure sur la gestion de la validation et de l'institutionnalisation locale des connaissances et compétences par l'enseignante. Nous caractérisons alors les interventions de l'enseignante qui selon nous sont susceptibles d'agir sur le développement des schèmes communicatifs et discursifs des élèves. Nous terminons par l'analyse détaillée du jeu de la validation mené par l'enseignante pour organiser la validation par la classe des différents arguments produits par certains élèves. Ces arguments sont produits par les élèves pour valider ou non la proposition de l'un d'entre eux.

Au regard de la longueur des analyses, nous avons à nouveau réalisé un schéma (Figure 48) pour faciliter le suivi des différentes étapes de l'analyse. Nous l'insérons après chaque étape.

Ainsi, la première étape de notre analyse consiste à effectuer une analyse globale du jeu de la validation mené par l'enseignante. Nous analysons tout d'abord les interventions menées dans le « premier stade : une proposition ». Nous analysons ensuite les interventions menées dans le « deuxième stade : une opposition », le « troisième stade : une question, le « quatrième stade : des arguments ». Nous

analysons enfin les interventions menées dans les institutionnalisations locales des connaissances et compétences. Dans une deuxième étape, nous concluons alors sur la gestion du processus de validation par l'enseignante, puis sur sa gestion des institutionnalisations locales des connaissances et des compétences. Dans une troisième étape, nous caractérisons les interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves, ainsi que celles susceptibles d'agir sur l'émergence du schème discursif des élèves. Dans une dernière étape, nous effectuons une analyse détaillée de la gestion par l'enseignante de la validation par la classe des arguments produits par certains d'entre eux dans le jeu de la validation.

La présentation de nos analyses se schématise donc de la manière suivante (Figure 48) :

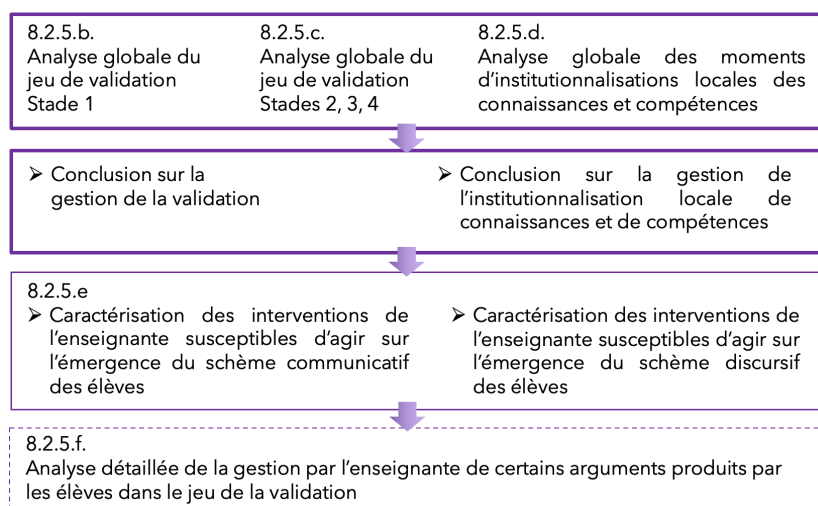


Figure 49 : Suivi des étapes de nos analyses du contenu des interventions de l'enseignante

8.2.5.b Analyse des interventions mises en œuvre par l'enseignante dans le « premier stade : une proposition »

Dans notre travail, le « premier stade : une proposition » du jeu de la validation correspond au moment où un élève-proposant communique à l'enseignante une proposition d'action d'instrumentée qui permet selon lui de réussir avec certitude la restauration d'un point ou d'un segment.

Nous présentons ci-dessous le tableau (Tableau 36) indiquant le nombre d'occurrences des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur les composantes d'un schème communicatif, mises en œuvre sur l'ensemble des situations d'action et de formulation :

PE n°1	Composante 1 : but	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : contrôle		Composante 3 : concepts-en-acte et théorèmes-en-acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5- Cont-AE1	Com5- Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
S1	4	21	9	2	1	14	22
S2	14	19	11	4	1	10	19
S3	9	19	10	5	0	10	15
S4	6	8	3	1	0	4	13
S5	2	5	2	1	0	2	7
Total :	35	72	35	13	2	40	76

Tableau 36: Tableau récapitulatif des différentes interventions susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves - situations d'action et de formulation

Nous utilisons les lettres « **Com** » pour faire référence au schème **Communicatif**.

Nous rappelons que nous codons :

- « Com1-but » : une intervention dont le contenu conduit l'élève à formuler le but poursuivi et/ou atteint
- « Com3-AE1 » : une intervention dont le contenu conduit l'élève à communiquer sur la première action élémentaire composant une action instrumentée : c'est-à-dire à formuler les informations à sélectionner sur la figure pour positionner la règle de manière adéquate.
- « Com4-AE2 » une intervention dont le contenu conduit l'élève à communiquer sur la deuxième action élémentaire composant une action instrumentée : c'est-à-dire à formuler le tracé à effectuer.
- « Com4-cont-AE1 » : une intervention dont le contenu conduit l'élève à contrôler les informations que l'enseignant a sélectionnées lors de la réalisation de la première action élémentaire AE1.
- « Com5-cont-AE2 » : une intervention dont le contenu conduit l'élève à contrôler le tracé effectué par l'enseignant lors de la réalisation de la deuxième action élémentaire AE2.
- « Com6-RA » : une intervention dont le contenu vise l'explicitation ou explicite des règles d'action RA.
- « Com6-C » : une intervention dont le contenu vise l'explicitation ou explicite des concepts C.

Nous effectuons tout d'abord une analyse globale des interventions. Pour cela, nous faisons le choix d'utiliser les tableaux complétés pour les trois premières situations d'action. En effet, nous commençons à analyser les schèmes communicatifs des élèves dès la première « situation de formulation ». Cela nous permettra de mieux mettre en relation l'impact des interventions de l'enseignante sur le développement des schèmes communicatifs des élèves dans les deux situations de formulation.

De manière générale, le tableau complété montre que les interventions de l'enseignante ont porté sur chacune des composantes d'un schème. Le nombre d'occurrences des interventions est relativement important. Nous allons analyser le contenu de ces interventions sur chacune d'entre elles. Pour cela, nous prenons appui sur les tableaux complétés pour chacune des situations d'action. Nous référençons des exemples en indiquant les numéros des lignes correspondant au type d'intervention identifié. Nous expliciterons ces exemples lors de la caractérisation des interventions de l'enseignante, dans la section 8.2.5.e.

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », l'enseignante a très fréquemment fait expliciter le but poursuivi par l'élève-proposant au début de chaque épisode. Cette intervention a lieu avant de demander à l'élève-proposant de communiquer les actions instrumentées à réaliser. Pour cela, elle a demandé à l'élève-proposant de montrer sur la figure modèle ce qu'il proposait de restaurer (S1-PE : L02 ; S2-PE : L42).

Cette intervention a également lieu à la fin des épisodes. L'enseignante fait régulièrement le lien entre les actions instrumentées réalisées et la représentation du but poursuivi (S2-PE : L37 ; 94). Plus occasionnellement, l'enseignante est intervenue sur l'anticipation des sous-buts à poursuivre (S3-PE-L05-07).

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles », nous pouvons noter que l'enseignante est intervenue un grand nombre de fois pour favoriser la communication de chacune des actions élémentaires AE1 et AE2.

Nous commençons par analyser le contenu des interventions sur la première action élémentaire AE1 : la communication d'informations pour positionner la règle de manière adéquate sur la figure à compléter. Nous avons identifié que l'enseignante invite systématiquement l'élève-proposant à communiquer sur le positionnement de la règle sur la figure à compléter. Nous avons relevé des difficultés de compréhension entre l'enseignante et l'élève lors de la mise en place de la modalité de communication en dyade. Celles-ci sont liées aux questions posées par l'enseignante. En effet, la question posée par l'enseignante est fréquemment du type « Comment je fais ? » Ce type d'intervention a comme effet la production par l'élève-proposant de descriptions spatiales pour communiquer « comment » positionner la règle (S3-Antoine : L28). Nous avons alors observé l'enseignante réguler son questionnement pour favoriser la compréhension entre elle et l'élève. D'une part, elle a adopté des questions du type : « sur quoi je mets la règle ? » (S2-PE : L25 ; S2-PE : L76). D'autre part, elle a donné des indications verbales pour amener l'élève-proposant à parcourir du doigt le segment indiqué, ou de pointer les points sélectionnés avec le doigt. (S2-PE : L27 ; S2-PE : L104).

Nous avons également identifié que certaines interventions de l'enseignante portent sur le contrôle des informations qu'elle a sélectionnées pour conduire

l'action instrumentée. Par exemple, l'enseignante reformule la première action élémentaire proposée par l'élève à toute la classe tout en demandant à l'élève-proposant de vérifier et confirmer si le positionnement de la règle réalisé est celui attendu (S2-PE : L11).

Nous continuons avec l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante sur la deuxième action élémentaire à réaliser : l'action de tracer. L'enseignante invite systématiquement l'élève-proposant à poursuivre sur la communication de la deuxième action élémentaire. Elle intervient en marquant la temporalité entre les deux actions élémentaires (S2-PE : L13 ; 30 ; 57). Elle intervient ensuite très fréquemment sur la zone d'arrêt du tracé (S2 : PE : L15 ; 32) Elle apporte alors des indications verbales sur le concept de droite, de segment et de point (S1-PE : L52 à 90).

Nous venons d'analyser globalement les interventions mises en œuvre par l'enseignante dans le « stade 1 : une proposition ». Cette analyse nous permet d'identifier de quelle manière l'enseignante est intervenue lors de la communication des actions instrumentées proposées par les élèves.

Cette analyse contribue à caractériser les interventions susceptibles d'agir sur le développement du schèmes communicatif des élèves. Nous présentons cette caractérisation dans la section 8.2.5.5.

Nous poursuivons avec l'analyse globale de la suite de la mise en œuvre du jeu de la validation par l'enseignante.

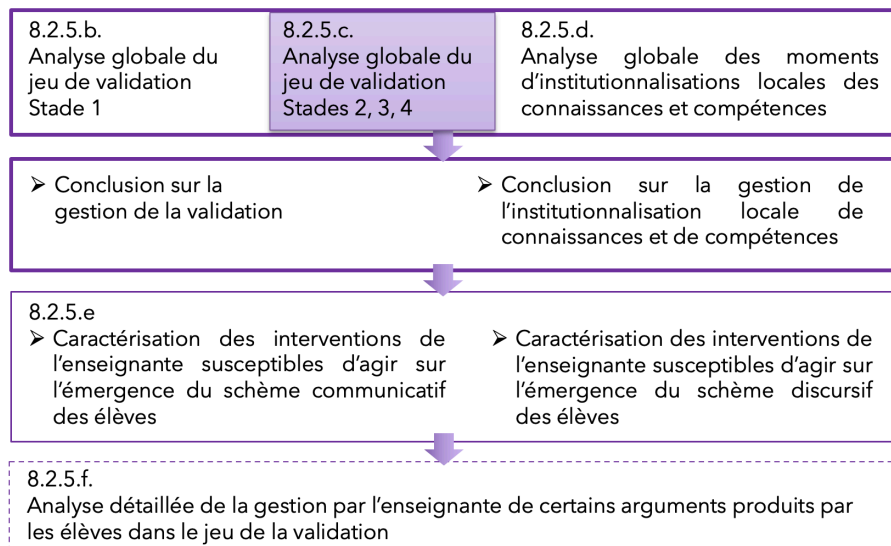


Figure 50 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.c. Analyse globale du jeu de la validation

8.2.5.c Analyse des interventions mises en œuvre par l'enseignante dans les « stades 2, 3 et 4 d'un dialogue argumentatif »

Nous présentons ci-dessous le tableau (Tableau 37) indiquant le nombre d'occurrences des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur les composantes d'un schème discursif, sur chacun des « stades 2, 3 et 4 d'un dialogue argumentatif » :

Séances	Stade 2				Stade 3	Stade 4		
	Dis2				Dis3	Dis4		
	Dis2-Méd-Valid/Doute	Dis2-incomp-spatiale	Com3-contr-info-géom	Com1-Plani	Dis3-Q	Com3-cont-RA-AE1	Com4-cont-C-AE2	Dis4
Situation d'action 1	8	3	1	0	3	2	1	1
	12				3	4		
Situation d'action 2	9	5	5	1	17	5	8	0
	20				17	12		
Situation d'action 3	16	4	1	2	18	9	10	0
	23				18	19		
Situation de form 1	3	0	1	0	7	5	4	0
	4				7	9		
Situation de form 2	4	0	0	0	5	2	2	0
	4				5	4		

Tableau 37: Tableau des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur l'émergence du schème discursif des élèves - Situations d'action et de formulation

Nous utilisons les lettres « **Dis** » pour faire référence au schème **Discursif**.

Nous rappelons que nous codons :

→ Dans le « deuxième stade - une opposition » (Dis2)

- Dis2-Méd-Valid/doute : une intervention dont le contenu met en doute la proposition et engage les élèves de la classe à donner leur prise de position sur l'adéquation de l'action proposée, c'est-à-dire l'adéquation des informations communiquées pour positionner la règle.

Exemple : Êtes-vous d'accord ? Vous êtes sûrs ? On fait au hasard ?

- Dis2-Incomp-info-spatiales : une intervention dont le contenu met en doute l'efficacité des informations spatiales communiquées pour positionner la règle, montre une incompréhension.

Exemple : Comme ça ? positionne la règle dans la direction spatiale indiquée mais sans la mettre en relation avec un point ou un segment de la figure à compléter.

- Com3-cont-info-géom : une intervention dont le contenu met en doute l'adéquation des informations géométriques communiquées (montre une contradiction dans le

contenu des informations communiquées ; réalise l'action la moins probable tout en respectant les informations communiquées)

Exemple : produit une rétroaction instrumentée en positionnant la règle sur un seul point comme indiqué par l'élève mais dans une direction contradictoire à celle du segment à restaurer.

- Com1-Plani : une intervention dont le contenu met en doute la planification des actions.

Exemple : tu fais ça en premier ? Est-ce qu'on peut faire ça en premier ?

→ Dans le « troisième stade - une question » (Dis3)

- Dis3-Q : une intervention dont le contenu engage les élèves à expliciter les raisons qui fondent leur point de vue sur l'adéquation de la proposition d'un élève

Exemple : Pourquoi êtes-vous d'accord ? Pas d'accord ? Pourquoi es-tu sûr que ça va marcher ? Pourquoi ça va marcher ? ne pas marcher ?

→ Dans le « quatrième stade - des arguments » (Dis4)

Nous codons Dis4 les interventions appartenant au « quatrième stade : des arguments » et nous distinguons trois types de gestion des arguments proposés par les élèves.

Les arguments peuvent porter sur l'adéquation ou non des informations sélectionnées par l'élève-proposant pour positionner la règle, sur la proposition de sous-buts préalables à atteindre, sur la proposition d'autres actions instrumentées jugées plus adéquates.

- Com6-C : une intervention dont le contenu montre que l'enseignant gère l'argument proposé par un élève en engageant les élèves de la classe à contrôler les relations existantes entre les points et les segments sur la figure modèle, à l'expliquer.

Exemples :

« Pourquoi ne peut-on pas positionner la règle sur ce point ? Où est ce point sur la figure modèle ? »

« Pourquoi poser la règle sur ce segment est une bonne idée ? Que faut-il voir sur la figure modèle ? »

- Com6-RA : une intervention dont le contenu montre que l'enseignant gère l'argument proposé par un élève en engageant les élèves de la classe à vérifier les conditions de validité de la règle d'action mobilisée, à les expliciter.

Exemple :

« Est ce qu'on peut positionner la règle sur un seul point et la tourner comme on veut ? »

« De quoi a-t-on besoin pour positionner la règle ? »

- Dis4-Concl : une intervention dont le contenu montre que l'enseignant conclut sur la validation de l'action instrumentée proposée par un élève au « premier stade : une proposition ».

Dans ce qui suit,

S1 réfère à la Séance 1, S2 à la Séance 2, etc.. ;

PE réfère à l'enseignant ;

L réfère à la ligne où a été extrait l'exemple dans les transcriptions.

Ainsi (S2-PE : L34) indique que le critère a été identifié dans la transcription de la Séance 2, à la Ligne 34.

De manière générale, le tableau complété permet d'observer que l'enseignante est intervenue sur chacun des « stades d'un « dialogue argumentatif ». Nous analysons le contenu de ses interventions dans chacun de ces « stades ».

« Deuxième stade : une opposition »

Les oppositions s'observent lorsque l'enseignante identifie que les informations communiquées par l'élève-proposant sont insuffisantes pour conduire adéquatement la première action élémentaire composant une action instrumentée. Nous identifions que certaines oppositions de l'enseignante consistent en la mise en œuvre de contradictions spatiales Dis2-*incomp-spatiale* (S2-PE : L66 ; 68 ; 71 ; 73 ; 75). Ces dernières lui permettent de montrer qu'elle ne comprend pas où elle doit positionner la règle lorsque l'élève-proposant communique des informations spatiales.

Plus ponctuellement, nous identifions que les oppositions de l'enseignante sont du type Dis2-Com1-*Plani* (S2-PE : L100 ; S3-PE : L05 ; 07). Elles lui permettent de mettre en doute la planification de l'action instrumentée proposée par l'élève.

Enfin, nous identifions qu'un certain nombre d'oppositions consistent en la mise en œuvre de contradictions géométriques Dis2-Com3-*contr-info-géom* (S3-PE : L14-15 ; 58 ; 60 ; 78). Elles permettent de montrer à l'élève que les informations communiquées sont insuffisantes pour conduire l'action de manière adéquate, c'est-à-dire pour représenter le segment ou le point cherché.

À la suite de ces oppositions, nous relevons des interventions du type Dis2-Méd-Valid/doute (S2-PE : L18 ; 113-115). L'enseignante prend appui sur les oppositions mises en œuvre précédemment pour engager les élèves à prendre position sur l'adéquation de la première action élémentaire proposée. L'enseignante filtre parfois les prises de positions des élèves (S2-PE : L167 ; 172 ; S3-PE : L119 - 121 ; 136) pour ensuite sélectionner ceux à interroger.

« Troisième stade 3 : une question »

Après avoir amené les élèves à prendre position sur l'adéquation des informations sélectionnées pour conduire l'action proposée, les interventions de l'enseignante évoluent alors dans le stade 3 : Dis3Q (S2-PE : L20 ; 121 ; 127 ; 129). Ces interventions engagent les élèves à étayer leur prise de position par l'explicitation

d'arguments susceptibles de leur donner raison, c'est-à-dire à produire des arguments.

« Quatrième stade : des arguments »

La gestion de la validité des arguments proposés par les élèves fait partie des interventions du « quatrième stade : des arguments ».

Nous pouvons identifier des interventions du type Dis4-Com3-Cont-AE1-RA. Par exemple, l'enseignante demande explicitement aux élèves sur quelle règle d'action repose leur validation du segment restauré :

S2-PE :

L18 : « vous êtes d'accord avec Maël ? »

L20 : « quelle méthode on a utilisé ici pour faire ça ? ».

Elle explicite ensuite la règle d'action utilisée :

S2-PE-L22 :

« Oui, la méthode 1 : on place la règle sur le trait déjà tracé pour le prolonger ».

Nous identifions également ce type d'intervention lorsqu'elle explicite la mise en relation des arguments proposés par les élèves avec des compétences et des connaissances S2-PE :

L149 : « Donc si je pose ma règle sur le premier segment, je peux trouver le deuxième segment parce qu'ils sont alignés ».

Nous relevons également des interventions du type Dis4-Com4-cont-AE2-C, lorsque l'enseignante reformule et valide la relation d'alignement de deux segments indiquée dans l'argument proposé par un élève.

S2-PE :

L148 : « Oui, ils sont alignés : //parcourt les deux segments avec son doigt sur la figure modèle//, ils sont sur la même ligne ».

Pour expliciter ces connaissances et compétences, elle engage régulièrement les élèves à vérifier l'adéquation des informations communiquées sur la figure modèle

S2-PE :

L135 : « Alors pourquoi tu veux poser ta règle sur ce trait-là ? »

L139 : « Comment ça se fait, pourquoi elle a cette idée-là ?

L141 : Pourquoi je pose ma règle sur ce trait-là // parcourt du doigt le segment [DI] //, pour faire ce trait-là //parcourt du doigt le segment [AI]// ? » ;

S3-PE :

L147 : « Ah ils sont alignés. Et comment on peut le vérifier sur la figure modèle ? ».

Cette vérification lui permet de montrer en acte la relation existante entre les informations communiquées et le point ou le segment à représenter. Cette vérification lui permet également de donner implicitement aux informations communiquées et vérifiées sur la figure modèle un statut d'argument pour faire accepter par les élèves l'adéquation de l'action instrumentée proposée pour restaurer un point ou un segment. Elle poursuit alors sur la communication de la deuxième action élémentaire, c'est-à-dire le tracé à effectuer.

Nous pouvons identifier des conclusions menées par l'enseignante sur quelques épisodes. Nous avons par exemple identifié que l'enseignante prend appui sur un argument proposé par un élève pour aider l'élève-proposant à comprendre pourquoi son action ne convient pas (S2-PE-L131). Elle indique alors explicitement que l'action instrumentée communiquée n'est pas adéquate (S2-PE- L133 : « Donc ça ce n'est pas une méthode qui fonctionne. » ; S3-PE : L95). Nous avons également identifié que l'enseignante met parfois en relation les arguments proposés par les élèves et les concepts de point, de segment, ainsi que les actions instrumentées qu'elle a institutionnalisées localement (S2-PE - L239 : « Tiens ça me fait penser à une méthode qu'on a vue la semaine dernière : Je mets ma règle sur les 2 sommets et je trace » ; S3-PE : L70 ; 91).

Nous poursuivons avec l'analyse globale des moments d'institutionnalisations locales des connaissances et compétences mobilisées dans la résolution de chacun des problèmes donnés.

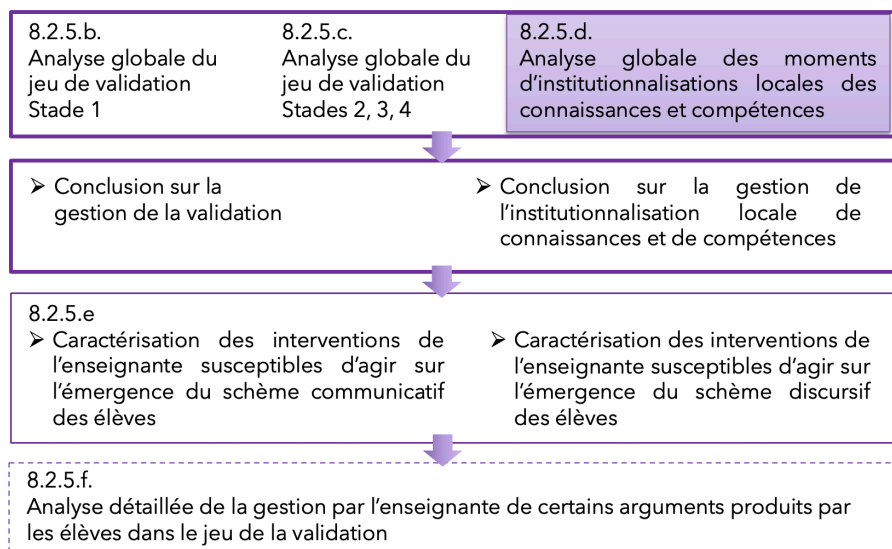


Figure 51 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.d - Analyse globale des moments d'explicitation des connaissances et des compétences

8.2.5.d Analyse globale des moments d'explicitation des connaissances et des compétences

Nous présentons à nouveau ci-dessous le tableau (Tableau 38) indiquant le nombre d'occurrences des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur les composantes d'un schème communicatif, sur l'ensemble des situations d'action et de formulation :

PE n°1	Composante 1 : but	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : contrôle		Composante 3 : concepts-en-acte et théorèmes-en-acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5- Cont-AE1	Com5- Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
S1	4	21	9	2	1	14	22
S2	14	19	11	4	1	10	19
S3	9	19	10	5	0	10	15
S4	6	8	3	1	0	4	13
S5	2	5	2	1	0	2	7
Total :	35	72	35	13	2	40	76

Tableau 38 : Tableau récapitulatif des différentes interventions susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves - situations d'action et de formulation

Nous présentons également le tableau indiquant le nombre d'occurrences du type de langage utilisé par l'enseignante sur l'ensemble de ces situations :

PE n°1	Langage utilisé		
	LG	LT	LC
S1-Situation d'action 1	12	10	1
S2-Situation d'action 2	13	7	6
S3-Situation d'action 3	16	11	6
S4-Situation de formulation 1	11	7	2
S5-Situation de formulation 2	4	2	3
Total :	56	37	18

Tableau 39 : Type de langage mobilisé par l'enseignante lors de la mise en œuvre des situations d'action et de formulation

Concernant le langage, nous rappelons que nous codons :

- LG : l'utilisation du langage géométrique
- LT : l'utilisation du langage technique
- LC : l'utilisation du langage courant

De manière générale, les tableaux 36 et 39 complétés permettent d'observer que l'enseignante est intervenue sur la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) » d'un schème communicatif. Nous analysons le contenu de ses interventions ainsi que le langage qu'elle a utilisé.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) » : nous identifions que l'enseignante donne des indications verbales sur les concepts et les actions instrumentées pendant et après la mise en œuvre du jeu de la validation.

Pendant le jeu de la validation, les indications verbales qui portent sur les concepts en-acte et les théorèmes-en-acte sont en relation avec les interventions que nous avons identifiées sur les autres composantes d'un schème. Elles se situent lors des interventions sur la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », mettant en

lien les actions réalisées, le but atteint et le but poursuivi (S2-PE : L94-96 ; 156-157 ; 204. Par exemple, L92 : « Qu'est-ce qu'on a fait ? L94 : Très bien, pour faire le sommet ici, il fallait faire un point d'intersection »). Elles se situent aussi sur les interventions sur la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles », lorsque son questionnement conduit les élèves à contrôler les informations sélectionnées (S3-PE : L91 ; L91 : « Il nous faut un trait ou deux points. Là on a un point mais est ce qu'on a le deuxième point ? »). Les indications verbales se situent aussi lorsque sont formulées les prises d'informations à sélectionner pour conduire l'action de manière adéquate (S3-PE : L171 ; L171 : « D'accord, je pose ma règle sur deux points. Méthode n°3, pour faire un segment je relie deux points »).

Après le jeu de la validation, l'enseignante organise sur chacune des situations d'action une institutionnalisation locale sur les concepts de point, segment, d'alignement de segments et sur les actions instrumentées explicitées, partagées et acceptées comme adéquates pour réussir la restauration de la figure modèle proposée. (S1-PE : L139-184 ; S2-PE : L242-266 ; S3-PE : L172-187). Nous avons relevé l'utilisation des exemples de formulations à institutionnaliser que nous lui avons transmis qu'elle projette au tableau. Nous pouvons donc identifier des explicitations orales et écrites sur les concepts de point, segment, sur l'alignement de segment, ainsi que sur les actions instrumentées réalisées avec la règle.

Concernant l'analyse du langage utilisé par l'enseignante, nous avons identifié plusieurs types de langage. Le langage technique et le langage courant sont majoritairement mobilisés pour reformuler les actions instrumentées communiquées par les élèves pendant le jeu de la validation. Nous relevons une certaine imprécision lorsque l'enseignante aborde le concept-en-acte de point. En effet, elle formule l'expression "point d'intersection" sans référer verbalement aux droites associées. Le langage géométrique est progressivement utilisé lors de la vérification des propriétés des figures. Enfin, le langage géométrique est utilisé lors des moments d'institutionnalisations locales sur les concepts de point, segment, d'alignement de segments.

Nous pouvons ici faire l'hypothèse que les interventions menées par l'enseignante sont susceptibles d'agir sur le développement de la forme prédicative des connaissances et des compétences visées dans la suite des problèmes proposés. L'analyse du développement du schème communicatif des élèves permettra de vérifier cette hypothèse.

Nous poursuivons avec la conclusion sur la gestion de la validation par l'enseignante, suivie de la conclusion sur la gestion de l'institutionnalisation locale des connaissances et compétences mobilisées dans la résolution de chaque problème donné.

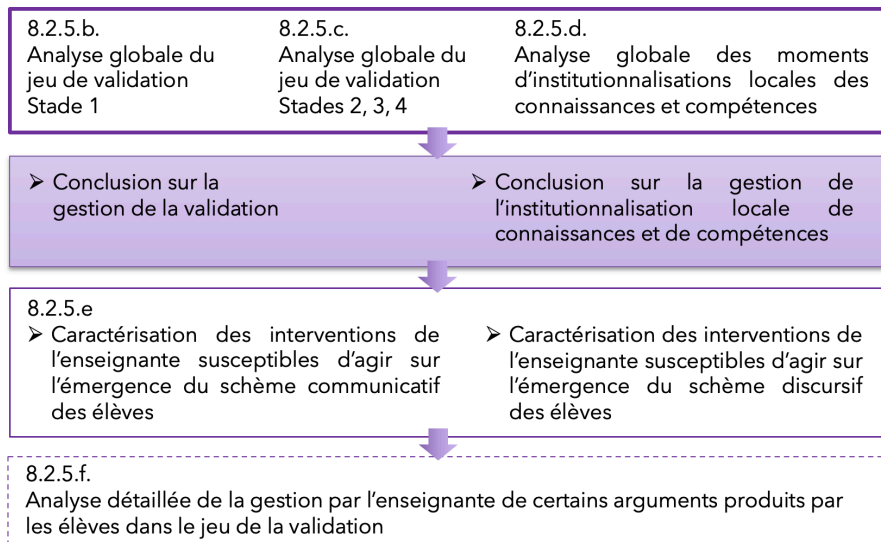


Figure 52 : Suivi des étapes de nos analyses - Conclusions

Conclusion sur la gestion par l'enseignante de la validation par la classe d'une action instrumentée proposée par un élève

Un premier objectif de l'analyse que nous venons de présenter était de déterminer les interventions mises en œuvre par l'enseignante lors de la validation des actions proposées. (Q_{R-PE-Exp2A})

Les analyses montrent que la mise en œuvre du jeu de la validation a permis à l'enseignante d'intervenir sur chacun des « stades d'un dialogue argumentatif » pour faire valider par la classe les actions instrumentées proposées par les élèves. L'enseignante a tout d'abord mis en œuvre des oppositions. Elle a proposé de nombreuses contradictions géométriques aux élèves pour les amener à prendre conscience de la relation à prélever entre les points, segments de la figure et les points, segments cherchés.

Elle a alors pris appui sur ces contradictions pour engager les élèves dans un processus de validation. Elle les a invités à se questionner sur les raisons sur lesquelles repose l'adéquation des actions instrumentées proposées. Pour cela, l'enseignante a engagé les élèves à expliciter des arguments susceptibles d'appuyer l'adéquation d'une action instrumentée.

Elle a alors organisé la vérification de ces arguments et permis l'explicitation des relations pertinentes à identifier sur la figure modèle. En effet, ces moments ont permis d'explicitier la mise en relation des segments ou des points donnés sur la figure avec les segments ou les points cherchés (relation d'alignement de deux segments ou relation d'incidence entre les points et les segments). Enfin, les vérifications des arguments et explicitations menées lui ont permis de faire accepter certains arguments proposés par les élèves. Implicitement, elle a donné aux arguments acceptés par la classe le statut de preuve pour valider l'adéquation d'une action instrumentée réalisée pour représenter un point ou un segment de la figure modèle.

Ainsi, lors de la mise en œuvre des situations d'action, les différentes interventions de l'enseignante lui permettent de faire reposer la validation par la classe des actions instrumentées adéquates sur des connaissances et compétences. Ces dernières sont explicitées et acceptées au sein de la classe, au fur et à mesure de l'avancée de la suite des situations. Sa responsabilité dans la gestion du processus de validation est ici importante. En effet, les connaissances et compétences sur lesquelles faire reposer la validation sont à construire chez les élèves. De plus, il s'agit aussi d'amener les élèves à développer un moyen de validation autre que la seule perception visuelle sur la figure.

Conclusion sur la gestion par l'enseignante des institutionnalisations locales des connaissances et compétences

Un deuxième objectif de l'analyse que nous venons de présenter était de déterminer les interventions mises en œuvre par l'enseignante pour institutionnaliser les connaissances et les compétences en jeu dans les problèmes ($Q_{R-PE-Exp2B}$).

Les tableaux d'analyse des interventions de l'enseignante sur les schèmes communicatif et discursif des élèves montrent que l'enseignante explicite localement les connaissances et les compétences en jeu sur chacune des situations d'action et de formulation. Ces moments s'identifient régulièrement sur chaque épisode, lors de la mise en œuvre du jeu de la validation. Ils s'identifient également lorsque la restauration de la figure est terminée, lors de la phase de bilan menée par l'enseignante.

Des moments d'explicitation s'identifient donc tout d'abord pendant la mise en œuvre du jeu de la validation, dans le « quatrième stade : des arguments ». Pour nous, ces moments d'institutionnalisations locales résultent de la mise en œuvre du jeu de la validation. En effet, l'organisation de la recherche, par les élèves, d'arguments permettant d'accepter ou réfuter la proposition d'une action instrumentée permet à l'enseignante d'explicitier des connaissances à propos des concepts de point, segment ou d'alignement de segments identifiés par les élèves. L'enseignante prend très régulièrement la responsabilité de mettre en relation ces concepts avec les actions instrumentées adéquates à réaliser.

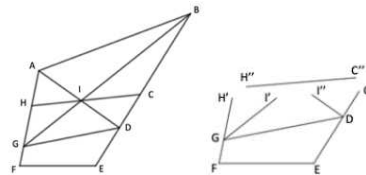
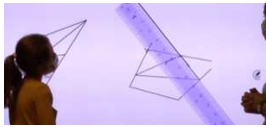
Des moments d'explicitation s'identifient également lorsque la figure est restaurée. L'enseignante organise une phase de bilan sur les propriétés de la figure qui ont permis de réussir à coup sûr sa restauration. Pour cela, elle prend appui sur les oppositions qu'elle a menées et sur les arguments proposés par les élèves. Après les avoir fait rappeler et expliciter par les élèves, elle institutionnalise localement à la fois les connaissances en relation avec les concepts de point, segment, d'alignement de segments, qui ont émergé, et les actions instrumentées partagées et reconnues comme adéquates.

Concernant les moyens mobilisés pour gérer ces institutionnalisations locales, nous constatons qu'elle prend appui sur les propositions de formulation de connaissances et compétences à institutionnaliser issus des documents que nous lui avons donnés. A la fin de la mise en œuvre des situations d'action, ces connaissances et compétences sont affichées sur le tableau. Elle a par ailleurs pris la responsabilité de réaliser des référents qu'elle a affichés dans la classe (Annexe 11, p.561). Elle a régulièrement amené les élèves à prendre appui sur ces derniers pour conclure sur la validation de certaines actions dans les situations de formulation qui ont suivi. Elle a aussi donné aux élèves une trace écrite récapitulant les connaissances et compétences mobilisées en acte pour chaque problème traité. Ces traces écrites ont été collées dans le cahier de géométrie des élèves. (voir Annexe 6, p.403). Ainsi, à la fin de la mise en œuvre de chacune des situations d'action et de formulation, nous pouvons relever que les formes prédicatives des connaissances et des compétences en jeu ont été explicitées et reformulées par l'enseignante, à l'oral comme à l'écrit, dans un langage géométrique et un langage technique.

Conclusion sur l'appropriation par l'enseignante des enjeux de connaissances et compétences visées

Sur l'ensemble des cinq situations mises en œuvre, nous constatons que l'enseignante s'est approprié la majorité des enjeux de savoirs visés dans les situations d'action et de formulation. Nous avons néanmoins relevé deux interventions susceptibles de constituer un frein à la compréhension du concept de point par les élèves.

Une première intervention s'identifie lorsqu'elle prolonge des segments pour obtenir des demi-droites. Nous présentons l'extrait ci-dessous (Tableau 40).



- 153 PE : On s'arrête où ?
- 154 Lisa : Où tu veux, pas trop petit
- 155 PE : Pas trop petit je vois à peu près où je dois m'arrêter. Donc j'avance et on verra bien // *trace une ligne droite*// Merci Lisa
- 156 PE : Donc on a fait cette partie-là : // *parcourt le segment [IA] sur la figure modèle*// mais on ne sait pas on ne sait pas où s'arrêter.
- 157 PE : Comment faire pour savoir où s'arrêter ?
- 158 PE : Qu'est-ce qu'on va devoir faire pour savoir où on doit s'arrêter ?
- 159 Élève : Un point d'intersection
- 160 PE : Oui, un point d'intersection, alors comment on va faire pour le trouver ?

Tableau 40 : Extrait PE - S2 - Situation d'action n°2

Dans ces extraits, nous pouvons constater que l'enseignante questionne et donne des indications verbales aux élèves sur la zone d'arrêt du tracé de la première demi-droite (L153 ; L155), alors que pour le tracé de la deuxième demi-droite, elle oriente l'attention des élèves sur l'obtention du point d'intersection des deux demi-droites (L157 ; L158).

Elle indique parfois aux élèves qu'ils pourront gommer ensuite les traits de construction.

Exemples :

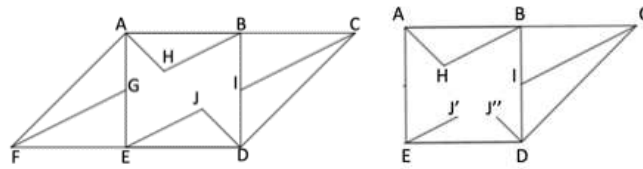
S2-PE-L237 : « Attention de ne pas confondre avec les parties que vous avez prolongées. Si ça vous gêne, vous les gomez. Moi je suis allée un peu trop haut // *efface pour ne laisser apparent que le segment cherché*// ».

S3-PE-L110 : « On avance un peu, on voit à peu près, ce n'est pas grave si on dépasse, on pourra gommer après ; d'accord ? // *trace la demi-droite* // »

Nous relevons que le contenu de ces interventions peut freiner, pour certains élèves, la compréhension du concept-en-acte de point produit par l'intersection de deux demi-droites. En effet, le point d'intersection de deux demi-droites s'observe dans le tracé des traits de construction. Dès lors que ces derniers sont gommés, l'élève ne peut plus "voir" le point d'intersection des demi-droites réalisé.

Une deuxième intervention s'identifie également lorsqu'elle reproduit une relation d'alignement entre deux segments.

Exemple de propos de l'enseignante lors du tracé du segment [GF], aligné au segment [BF], dans la première situation de formulation :



69 PE : Alors je trace mais attention je ne trace pas à l'intérieur hein, le triangle est caché.
Donc je commence ici.
// commence le tracé du segment à partir du point G//

Tableau 41 : Extrait 1 - PE - S4 - Situation de formulation n°1

De manière cohérente avec la première intervention, elle indique aux élèves de ne pas tracer de trait de construction sur la figure modèle et de commencer à tracer le segment manquant [GF] à partir du segment [AE] et non à partir de l'extrémité H du segment [BH]. Ici encore, il peut être difficile pour certains élèves de comprendre que le point G situé à l'extrémité du segment est produit par l'intersection d'une demi-droite avec un segment.

Ainsi, pour nous, ces extraits semblent montrer que l'enseignante ne s'est pas approprié complètement les enjeux de savoirs associés au concept de point.

Nous poursuivons maintenant avec la caractérisation des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur le développement du schème communicatif et sur le développement du schème discursif des élèves.

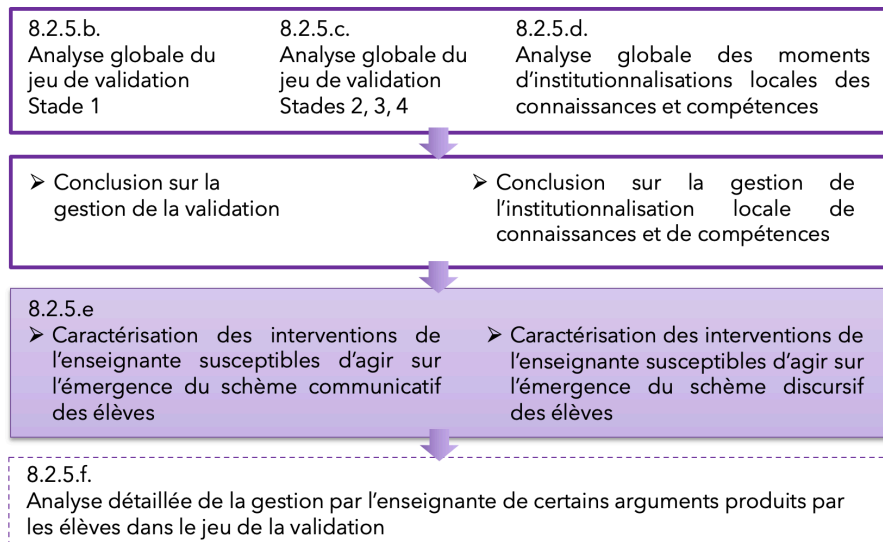


Figure 53 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.e - Caractérisation des interventions de l'enseignante

8.2.5.e Caractérisation des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur le développement des schèmes communicatif et discursif des élèves

Le nombre d'occurrences observé dans nos tableaux d'analyse (Tableaux 36, 37, 39) nous permet de caractériser les différents types d'interventions mises en œuvre par l'enseignante. Nous les décrivons ci-dessous afin d'analyser ensuite l'effet éventuel du contenu de certaines d'entre-elles sur le développement des schèmes communicatif et discursif des élèves dans les sections 8.3.5 et 8.3.9.

→ Interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur le développement du schème communicatif des élèves

Nous décrivons le contenu des interventions menées en le mettant en relation avec les composantes d'un schème communicatif :

« Composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles »

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention « Com3-AE1 » de l'enseignante de la manière suivante :

- Invite l'élève à communiquer sur la première action élémentaire.
- Favorise la compréhension lors de la communication des informations à sélectionner pour positionner la règle. Pose des questions du type « Je pose ma règle où ? Je mets ma règle sur quoi ? » (S1-PE : L45) ; « Je la mets sur quoi ? Sur quel trait je mets ma règle ? (S1-PE : L78 ; 80).
- Favorise la mise en relation d'un segment donné sur la figure à compléter avec le segment cherché. Donne l'indication verbale d'effectuer des gestes déictiques de

parcours ou de pointage sur les unités graphiques communiquées : « Sur quel trait je mets la règle ? Montre-moi » (S1-PE : L80)

- Reformule le positionnement de la règle dans un langage technique courant : « Je mets ma règle sur ce trait-là », parfois dans un langage technique géométrique : « D'accord, je mets ma règle sur les deux sommets » (S1-PE : L138).
- Amène les élèves à comparer les informations à sélectionner sur une figure, à faire des analogies. Exemples : « Où il était encore possible de prolonger deux segments pour obtenir un point d'intersection ? » (S1-PE : L72). Ou encore : « On n'a plus le début des côtés. Tout à l'heure on mettait la règle dessus et on prolongeait. Qu'est-ce qu'on va pouvoir faire maintenant pour trouver les côtés qui manquent ? Qui a une idée ? » (S1-PE : L98-99).

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention « Com4-AE2 » de l'enseignante de la manière suivante :

- Invite l'élève à communiquer sur la deuxième action élémentaire, marque la temporalité entre les deux actions élémentaires : « Et puis ? » (S2-PE : L30) ; « Et après je fais quoi ? » (S2-PE : L57).
- Favorise l'émergence du concept-en-acte de point défini par l'intersection de deux demi-droites. Propose une rétroaction verbale sur la zone de tracé. Pose fréquemment une question du type : « On s'arrête où ? » (S2-PE : L32 ; 87 ; 153)
- Donne des indications verbales sur la zone de tracé du point d'intersection à venir : « Je vois à peu près où m'arrêter » (S2-PE : L155) ; « On sait que ça va s'arrêter à peu près-ici » (S2-PE : L194 ; S3-PE : L109)
- Donne des indications verbales du type : « Pour l'instant, on n'a pas le point, je me suis arrêtée au hasard » (S3-PE : L128).

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention « Com5-ContAE1 et Com5-Cont-AE2 » de l'enseignante de la manière suivante :

- Propose une rétroaction verbale sur les informations sélectionnées pour positionner la règle : Pose une question du type : « Comme ça ? »
- Propose une rétroaction verbale sur le tracé effectué. Pose une question du type : « Qu'est-ce qu'on obtient ? » (S1-PE : L94).
- Donne une indication verbale sur l'objet obtenu, le reformule en mettant en relation les différentes désignations d'un point : « Oui, on a fait notre point d'intersection qui est notre sommet » (S4-PE : L21).

« Composante 1 : buts, sous-buts et anticipations » :

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention « Com1-but » de l'enseignante la manière suivante :

→ Au début d'un épisode : fait expliciter le but poursuivi par l'élève.

- Pose une question du type : « Lilou, qu'est-ce que tu nous proposes de faire maintenant ? » (S3-PE : L54) pour faire expliciter par l'élève le but qu'il a choisi d'atteindre.
- Donne l'indication à l'élève d'effectuer un geste déictique de parcours ou de pointage sur le segment ou le point à représenter.
- Reformule le but poursuivi par l'élève à l'ensemble de la classe et accompagne l'énoncé produit d'un geste déictique de parcours ou de pointage sur le point ou le segment indiqué : « Maël nous propose de faire le sommet du triangle » (S2-PE : L08)
- Pose une question du type : « Alors comment on fait ce trait-là ? (S3-PE : L56).

→ A la fin d'un épisode : Fait expliciter comment le but a été atteint par les élèves.

- Pose une question du type : « Alors comment on a fait pour trouver le sommet, le point ? » (PE-S1 : L62).
- Donne des indications du type : « Alors je vais vous donner un mot. Quand ça se croise comme ça, on appelle ça un point d'intersection. » (PE-S1 : L68).
- Donne des indications du type : « Je relie les 2 points et ça me forme un segment. » (S3-PE : L73)

« Composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) »

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention « Com6-RA et Com6-C de l'enseignante de la manière suivante :

- Pendant le jeu de la validation et lors des institutionnalisations locales sur les connaissances et compétences visées dans chaque problème, apporte des indications verbales sur les propriétés de la figure mobilisées pour restaurer la figure modèle, sur les concepts de point, de segment, d'alignement, sur les actions instrumentées adéquates partagées.
- Pose des questions du type : qu'est-ce qu'il fallait voir sur la figure modèle pour réussir ? (PE-S2 : L250).
- Accompagne le développement de la pensée des élèves. Pose des questions du type « ça veut dire quoi ? » (PE-S2 : L252).
- Donne des indications verbales pour favoriser la compréhension de la relation géométrique explicitée. Exemple : « Aligné, ça veut dire être sur la même ligne » (S2-PE : L260)
- Reformule et met en relation la relation géométrique prélevée avec l'adéquation de l'action instrumentée réalisée. Agit sur le développement de la forme prédicative des connaissances et des compétences en jeu. Exemple : « Regardez ce segment-là, il est sur la même ligne que celui-là, donc si je mets ma règle comme on a vu pour prolonger un segment et bien je vais pouvoir prolonger pour obtenir l'autre segment » (S2-PE : L260).

Nous venons de caractériser le contenu des interventions de l'enseignante lors de la mise en œuvre du jeu de la validation. Notre intention est d'identifier ensuite si le contenu de ces interventions est investi par les élèves dans la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves. Nous pourrions ainsi en déduire l'impact positif ou non de ces interventions sur le développement du schème communicatif des élèves.

→ **Interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur le développement du schème discursif des élèves**

Nous décrivons ici le contenu des interventions de l'enseignantes en le mettant en relation avec chacun des « stades » d'un « dialogue argumentatif » :

« Deuxième stade 2 : une opposition »

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention Dis2-Plani de la manière suivante :

- Clarifie les buts et les sous-buts à poursuivre pour restaurer une figure.
- Positionne la règle sur l'information communiquée par l'élève. Propose une rétroaction verbale sur la planification des buts poursuivis par des questions du type : « Est-ce qu'on peut le faire tout de suite ? » (S2-PE : L100) ; « Est ce qu'on peut tracer celui-là en premier ? (S3-PE : L22) ; « Qu'est ce qui ne va pas ? » (S2-PE : L121) ; « Pourquoi on ne peut pas ? » (S3-PE : L24).
- Fait expliciter et/ou donne des indications langagières et gestuelles sur le concept de point pour clarifier le sous-but à atteindre : « Il faut faire un point d'intersection mais là on ne l'a pas. Il faut le trouver d'abord pour relier les deux points » (S3-PE : L93).

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention Dis2-3-contr-info-géom de la manière suivante :

- Favorise la prise de conscience que l'action indiquée entraîne un effet contradictoire par rapport à l'effet attendu. Oriente l'attention des élèves sur les conditions de l'adéquation de l'action indiquée.
- Propose une rétroaction gestuelle et langagière sur le positionnement de la règle communiqué (la positionne dans une direction contradictoire à celle du segment cherché) pour attirer l'attention sur les conditions nécessaires à l'adéquation de l'action (la mise en relation des informations à sélectionner pour positionner la règle avec les propriétés du segment ou du point à représenter).
- Exemple : « Comme ça ? » // *positionne la règle sur un seul point et dans une direction contradictoire à celle du segment cherché* // (S3-PE : L80).

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention Dis2-Méd-Valid de la manière suivante :

- Engage les élèves à vérifier l'adéquation des informations sélectionnées pour conduire l'action proposée.
- Met en doute la proposition : « Alors je positionne ma règle au hasard ? » (S3-PE : L131).
- Engage les élèves à prendre position sur la validation de l'action proposée. Pose une question du type : « Vous êtes d'accord ? » (S2-PE : L113,115) ; « Vous êtes sûrs ? (PE-S3 : L121).
- Filtre les prises de positions des élèves. Pose des questions du type « Qui est d'accord ? Qui n'est pas d'accord ? » (S2-PE : L167 ;172 ; S3-PE : L119 ;121 ;136).

« Troisième stade : une question »

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention Dis3-Q de la manière suivante :

- Ouvre la discussion sur la validation. Engage les élèves à expliciter des arguments susceptibles de valider ou non l'adéquation des informations communiquées pour conduire la première action élémentaire.
- Pose des questions du type :
« Pourquoi vous n'êtes pas d'accord ? Pourquoi je ne peux pas tracer un segment comme ça ? » (S3-PE : L82).
« Pourquoi vous êtes d'accord ? » ; « Comment on peut être sûr que ça marche ? (S3-PE : L145).
« Alors pourquoi tu veux poser ta règle sur ce trait-là ? » (S2-PE : L135) ;
« Comment ça se fait, pourquoi elle a cette idée-là ? (S2-PE : L139).

« Quatrième stade : des arguments »

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention Dis4A de la manière suivante :

- Installe un contrat didactique favorable à la validation : fait vérifier les arguments proposés par les élèves sur la figure modèle.
- Donne des indications gestuelles et verbales pour soutenir l'explicitation de la pensée de l'élève. Par exemple, positionne la règle sur le segment indiqué sur la figure modèle et invite à explorer la figure modèle, à identifier l'information pertinente communiquée : « Qu'est-ce qu'il fallait voir sur la figure modèle ? pour être sûr qu'il faut faire comme ça ? » (S3-PE : L141-143).
- Agit sur la forme prédicative des connaissances en jeu. Met en mots, reformule la relation pertinente identifiée dans des termes géométriques.
- Agit sur la forme opératoire de la forme prédicative des connaissances en jeu. Prend appui sur la vérification des informations communiquées pour leur donner un statut d'argument lors de la validation de la proposition de l'élève. Exemple :

« Donc si je pose ma règle sur le premier côté, sur le premier segment, je peux trouver le deuxième segment parce qu'ils sont alignés. » (S2-PE : L149).

- Prend appui sur des savoirs et savoirs faire mathématiques déjà partagés et acceptés par la classe, et qu'elle a institutionnalisés localement, pour donner aux informations communiquées un statut d'argument pour valider la proposition de l'élève. Exemple : « D'accord, je pose ma règle sur les deux points. Méthode n°3 : pour faire un segment, je relie deux points : //montre le référent associé à la méthode n°3// » (S3-PE : L171).

Nous venons de caractériser le contenu des interventions orales de l'enseignante lors de la mise en œuvre du jeu de la validation. Certaines de ces interventions s'appuient sur des supports écrits. Ces supports écrits sont de deux types. Des supports écrits sont projetés lors de la phase de bilan, pour institutionnaliser localement les connaissances et compétences mobilisées dans la résolution du problème donné. Des référents sont également accrochés sur le mur après la mise en œuvre de chacune des situations d'action. (Les traces écrites se trouvent dans l'Annexe 6, p.403, quelques photos des référents se trouvent dans l'Annexe 11, p.561).

Nous chercherons à identifier ensuite si le contenu de ces différents types d'interventions est investi par les élèves dans la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves. Nous pourrons ainsi en déduire l'impact positif ou non du contenu de ces différents types d'interventions, ainsi que de l'usage des référents, sur le développement du schème discursif des élèves.

Conclusion de l'analyse des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur le développement des schèmes communicatif et discursif des élèves.

Nous avons fait mener à l'enseignante un jeu spécifique pour agir sur le développement des schèmes des élèves. Nous venons de caractériser parmi les interventions réalisées celles qui nous semblent susceptibles de pouvoir agir sur le développement du schème communicatif des élèves, ainsi que celles susceptibles d'agir sur le développement du schème discursif des élèves.

Dans l'ensemble, nous pouvons constater que l'enseignante s'est approprié le scénario du jeu de la validation que nous lui avons demandé de mettre en œuvre. Elle a également mis en œuvre les institutionnalisations locales à la suite de chaque situation d'action et de formulation en prenant appui sur les documents que nous lui avons fournis (Annexe 6, p.403).

Nous avons néanmoins identifié une limite dans l'appropriation des enjeux d'apprentissage relatifs au concept de point dans les situations de formulation, lors du jeu de la validation.

L'analyse des schèmes des élèves dans la mise en œuvre des situations de formulation, validation et décision, permettra d'identifier si ces interventions ont un impact sur le développement conjoint des schèmes d'action des élèves et les concepts, ainsi que sur le développement des schèmes communicatif et discursif des élèves.

Nous terminons par l'analyse plus détaillée de la gestion par l'enseignante des certains arguments proposés par les élèves lors du jeu de la validation.

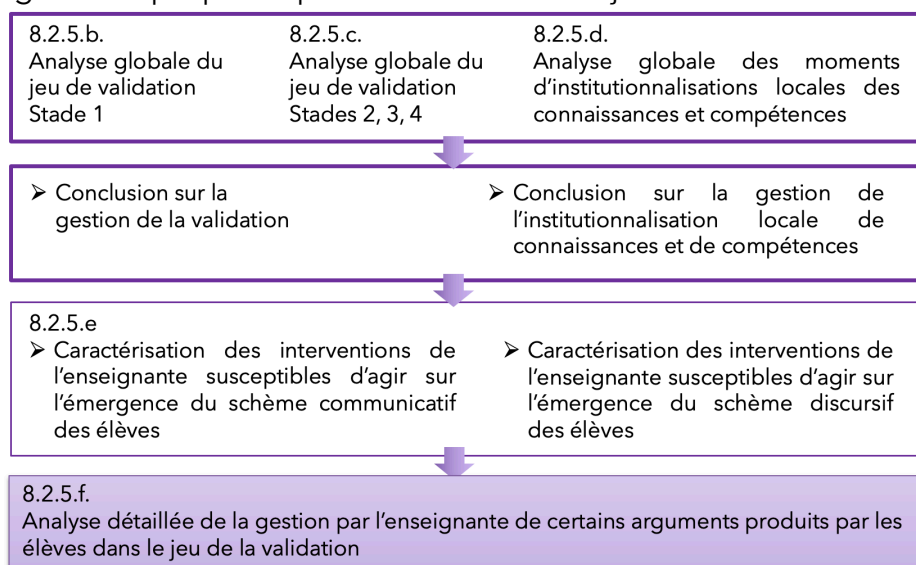


Figure 54 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.f. Analyse détaillée de la gestion par l'enseignante de certains arguments produits par les élèves

8.2.5.f Analyse détaillée de la gestion par l'enseignante de la validation de certains arguments produits par les élèves

Nous allons nous focaliser ici sur l'effet produit de l'intervention Dis3Q sur les arguments produits par les élèves et leur gestion par l'enseignante. Ce type d'intervention prend la forme d'une question de type « Pourquoi ? », posée dans le « Troisième stade : une question ». Il vise à faire expliciter par les élèves des arguments susceptibles de prendre le statut de preuve pour affirmer ou non que la proposition des informations à sélectionner pour positionner la règle est adéquate pour représenter le point ou le segment cherché.

Nous avons sélectionné trois extraits. Les deux premiers sont issus de la deuxième et la troisième « situation d'action » (Annexe 11, p.518), le troisième est issu de la première « situation de formulation » (Annexe 12, p.562). Notre intention est ici d'analyser le contenu des arguments proposés par les élèves pour valider l'action instrumentée communiquée par l'élève « proposant ». Nous souhaitons aussi

analyser de quelle manière l'enseignante gère la validation des arguments proposés par les élèves.

L'extrait-ci-dessous est issu de la « situation d'action n°2 » :

Figure 3 :

Amorce n°1 (classe 1)

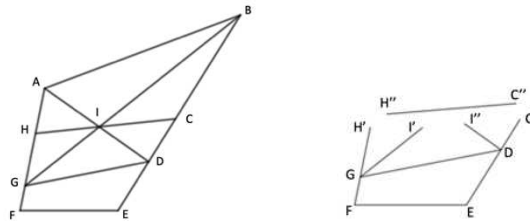


Figure 55 : Problèmes de restauration proposés dans la situation d'action n°2

Les points I et H viennent d'être restaurés. L'élève-proposant (Julia) propose de tracer le segment $[AB]$ en positionnant la règle sur un seul point (H). Elle communique donc l'action R0 : tracer la direction d'un segment au jugé à partir d'un seul point. De plus, l'élève-proposant sélectionne le point H, elle n'a pas identifié visuellement que le point A n'est pas encore restauré.

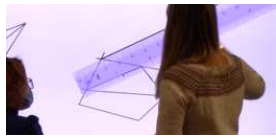
L'enseignante propose une opposition du type Dis2-Com3-contr-ig (L115). Elle engage ensuite les élèves de la classe à prendre position sur l'adéquation du fait de positionner la règle sur un seul point (L115). Deux élèves vont alors se positionner sur l'inadéquation de l'action élémentaire proposée et proposer des arguments susceptibles de prendre le statut de preuve.

Dans nos transcriptions, nous utilisons :

- La couleur verte pour identifier les interventions susceptibles d'agir sur le développement du schème discursif. Ces interventions se situent dans les différents « stades d'un discours argumentatif ». Elles peuvent donc porter sur « une opposition » (réalisation d'une contradiction géométrique), « une question » ou « des arguments ».
- La couleur bleue pour identifier l'usage du langage technique.
- La couleur rouge pour identifier l'usage du langage géométrique.
- La couleur orange pour identifier l'usage du langage courant.

Nous identifions l'effet du contenu de l'intervention de l'enseignante sur les oppositions (Opp-é) et les arguments produits par les élèves (Arg-é) en soulignant ces oppositions ou ces arguments.

Nous commençons par étudier la gestion de l'argument proposé par la première élève (L118) :



115 PE : On met la règle sur le point d'intersection et après on tourne la règle comme on veut et on trace //pivote la règle autour du point H//.

Dis2-Com3-contr-ig
Dis2-méd-val/doute

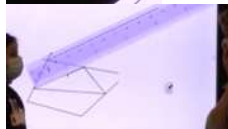
Vous êtes d'accord ?

116 Élèves : Non.

117 PE : Pourquoi tu n'es pas d'accord KENZA ? Dis3-Q



118 KENZA : Parce qu'il faut mettre sur le trait pour que ça prolonge : //pointe le segment [HH''']//. (Arg-é)



119 PE : Toi tu veux que je positionne ma règle ici ? // positionne la règle à l'extrémité du trait H''''//.

Dis2-méd-val/doute

120 Fabien : Non il fait partie du point d'intersection.

Tableau 42 : PE - Extrait 2 - S2-Situation d'action n°2

Nous pouvons identifier que l'argument indiqué par l'élève consiste à proposer une autre information à sélectionner : un trait. (S2-KENZA : L118). L'enseignante lui demande alors si elle veut positionner sa règle sur un autre point. Nous identifions ici une interprétation erronée de la proposition de l'élève. Celle-ci peut être liée au fait que l'élève ait pointé l'extrémité H'''' du segment [HH'''] et non parcouru le segment [HH'''] sur lequel elle voulait positionner la règle.

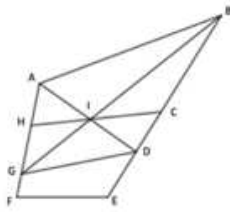
Ce passage nous montre qu'un faible développement des gestes déictiques à effectuer dans une communication en dyade peut conduire à une mauvaise interprétation par l'enseignante des arguments proposés par les élèves.

L'enseignante poursuit alors son questionnement. Elle oriente l'attention des élèves sur le fait que la proposition de l'élève-proposant (Julia) ne convient pas. Elle fait reformuler le but poursuivi. Une deuxième élève vient alors proposer deux autres arguments (L128 et 130) :



121 PE : Bon qu'est ce qui ne va pas ?
Allez à votre place.
Pourquoi est-ce que ça ne fonctionne pas ? Dis3-Q

122 PE : Qu'est ce qui ne va pas ?
Qu'est-ce qu'on essaie de faire là ? Com1-but
// parcourt la ligne tracée [HB'] avec son doigt//.



- 123 Lisa : **Un grand trait, un segment**
- 124 PE : Lisa, viens au tableau.
- 125 Lisa : On essaye de faire ce trait-là //parcourt le segment [AB] sur la figure modèle//.
- 126 Lisa : Mais ça peut pas aller. (Opp-é)
- 127 PE : Pourquoi ? Dis3-Q
- 128 Lisa : Vu qu'il faut faire d'abord celui-ci : // parcourt du doigt le segment [HA]//. (Arg-é)
- 129 PE : **Mais pourquoi** il faut commencer par celui-ci ? Dis3-Q
- 130 Lisa : Parce que sinon on va pas savoir où commencer. (Arg-é)
- 131 PE : (La PE revient alors sur l'erreur de Julia) Julia, regarde ce qu'il manque.
Ce sommet-là : // montre le point A sur la figure restaurer, // il est là : //montre le point A sur la figure modèle //
 D'accord ? Toi tu voulais faire le grand triangle ici // parcourt le triangle AIB avec son doigt //
 Pour faire ce grand triangle ici, il faut bien qu'on commence quelque part.
- 132 PE : Et en plus, **ma règle, je la mets sur le point d'intersection, mais après où je m'arrête ?** // fait pivoter la règle autour du point H // Dis4-Com3-Cont-AE1
- 133 PE : **Donc ça ce n'est pas une méthode qui fonctionne.** Dis4-concl
 Donc vas-y Lisa, qu'est-ce qu'on fait ?

Tableau 43 : PE - Extrait 3 -S2 - Situation d'action n°2

Nous pouvons identifier que le premier argument proposé par l'élève est un sous-but à atteindre, marqué par le terme « d'abord » (S2-Lisa : L128). Elle communique en effet la nécessité de commencer par représenter le segment [HA]. Pour communiquer ce sous-but, elle prend appui sur la figure modèle et parcourt le segment [HA] avec son doigt. Nous pouvons noter ensuite que l'enseignante accompagne l'élève dans l'explicitation de sa pensée, elle lui demande pourquoi il est nécessaire de commencer par le tracé du segment [HA]. L'élève-proposant (Lisa) propose alors un autre argument : « Parce que sinon on va pas savoir où commencer » (Lisa : L130). L'enseignante poursuit alors pour expliquer à l'élève-proposant (Julia) pourquoi sa proposition ne convient pas. Elle utilise la figure modèle pour lui montrer où se situe le point A. Elle prend ensuite appui sur l'argument proposé par Lisa pour indiquer implicitement que le tracé du segment [AB] nécessite de commencer par obtenir le point A. L'enseignante propose ensuite un autre argument. Elle revient sur son opposition initiale (S2-PE-L115) pour montrer à l'élève-proposant que la sélection d'un seul point ne suffit pas pour

tracer un segment. Elle conclut alors sur le fait que sa proposition de Julia ne convient pas (S2-PE-L133).

La gestion par l'enseignante de l'argument proposé par la deuxième élève montre qu'accompagner les élèves dans l'explicitation de leur pensée permet une meilleure interprétation et gestion de l'argument proposé. Elle permet ici à l'élève puis à l'enseignante de prendre appui sur la figure modèle pour montrer qu'un sous-but est effectivement à atteindre avant de poursuivre celui proposé par l'élève.

Concernant la conclusion de cet épisode, nous pouvons noter que l'enseignante conclut sur la non-adéquation de l'action proposée. Cette conclusion fait suite à l'explicitation de arguments par les élèves et leur vérification sur la figure modèle, ainsi que d'une reformulation par l'enseignante.

Nous notons aussi que les contenus des arguments proposés par les deux élèves reposent sur un sous-but à atteindre et la proposition d'une autre action avec sélection d'une information adéquate : un segment. Les élèves ont identifié la relation existante entre les segments [FH] et [HA]. Les arguments des élèves se fondent sur le développement de leur schème d'action S3_{-prolonger}.

Nous présentons maintenant un extrait de la « situation d'action n°3 ».

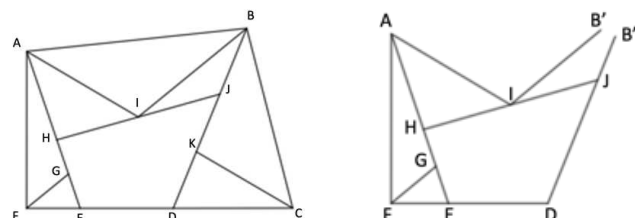


Figure 56 : Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3

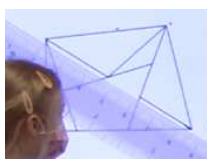
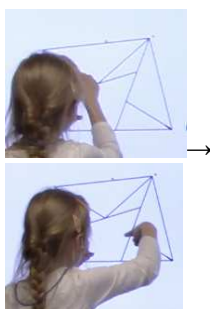
Dans cet épisode, le point B et le segment [AB] ont été restaurés. Le segment [ED] a été prolongé. Nous notons C' l'extrémité du segment prolongé.

Le but de l'élève-proposant est de tracer le segment [KC]. Pour cela, il vient d'indiquer à l'enseignante de positionner sa règle sur le point C' et pointe la zone du point K sur le segment [DJ] (L136). Il mobilise l'action R0 comme l'élève de l'extrait précédent : tracer la direction d'un segment au jugé à partir d'un point.

extrémité-segment. L'enseignante engage les élèves à prendre position sur l'adéquation des informations communiquées. Elle filtre les prises de position des élèves (S3-PE : L136). Elle invite alors les élèves à proposer des arguments.



- | | | | |
|-----|------|---|--------------------------------------|
| 136 | PE : | <p>Qui est d'accord ? (des élèves lèvent leur doigt)</p> <p>Qui n'est pas d'accord ? (des élèves lèvent leur doigt)</p> | <p>Dis2-méd-valid/doute + filtre</p> |
| 137 | PE : | <p>(Interroge 3 élèves de suite mais ils n'ont</p> | <p>Dis3-Q</p> |



pas d'argument à proposer. Puis interroge Kyara)

Kyara pourquoi tu n'es pas d'accord ?

138 Kyara : La règle, il faut la coller là : Arg-é
 // parcourt le segment [AI] sur la figure à compléter //

139 PE : Ah, pourquoi je vais coller ? Dis3-Q
 Pourquoi je vais mettre ma règle sur ce trait-là ?

140 Kyara : Pour relier ici : Arg-é
 // parcourt du doigt le segment [CK] puis le segment [IA] sur la figure modèle //

141 PE : Alors qu'est-ce que tu as vu qui permet de dire ça ? Dis3Q

Pour être sûr qu'il faut faire comme ça ?

142 Kyara : //Parcours à nouveau avec son doigt la ligne droite sur laquelle sont posés les segments [AI] et [KC]// Arg-é

143 PE : C'est quoi le mot ? Dis3Q
 Qu'est-ce qu'elle a remarqué Kyara ? »

144 Élève : Un segment

145 PE : « Il y en a deux : un ici et un ici. Mais comment ils sont ces segments ? Comment on peut être sûr que ça marche ? Dis3Q

146 Élève : Ils sont alignés. Arg-é

147 PE : Ah ils sont alignés. Et comment on peut le vérifier sur la figure modèle ? Dis-4A-PC
Dis4A-RA

148 Élève : Il fallait mettre sa règle sur les traits. Arg-é

149 PE : Oui. Sur la figure modèle, vous avez le droit de poser votre règle ; ça vous aurait permis de voir que les segments étaient alignés. Dis4A-RA
Dis4A-C
Com6-RA
Com6-C

En fait il y a un grand triangle caché derrière donc il fallait voir qu'ils étaient alignés.

Tableau 44 : PE - Extrait 4 - S3 - Situation d'action n°3

Une élève, Kyara, propose le fait de positionner la règle sur le segment [AI]. L'enseignante pose une nouvelle question pour accompagner Kyara dans l'explicitation de sa pensée (S3-PE : L139). Kyara indique et mime le fait de vouloir relier les deux segments [AI] et [KC]. L'enseignante poursuit son questionnement,

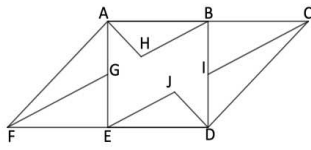
engage Kyara à indiquer pour quelle raison elle est sûre que l'information qu'elle indique convient (S3-PE : L141). Cette intervention conduit Kyara à parcourir du doigt l'alignement des segments [AI] et [KC] sur la figure modèle. L'enseignante amène alors les élèves de la classe à verbaliser cette relation d'alignement, en les engageant à identifier pourquoi la proposition de Kyara permet de réussir avec certitude le tracé du segment [KC]. Elle parvient ainsi à faire expliciter la relation d'alignement des segments par les élèves. Son questionnement s'oriente alors sur la vérification de cette propriété. Elle positionne la règle sur les segments [AI] et [KC] sur la figure modèle.

Dans cet extrait, nous pouvons constater que l'enseignante met en œuvre toute une série de questions du type Dis-3Q pour parvenir à faire expliciter par les élèves pourquoi le fait de positionner la règle sur le segment [AI] permet de réussir le tracé du segment [KC] avec certitude.

Elle engage ainsi les élèves dans le processus de validation de l'argument proposé par l'élève Kyara. Elle incite l'élève interrogée puis les élèves de la classe à expliciter pourquoi le segment sélectionné permet de réussir le tracé du segment cherché avec certitude. L'enseignante conduit également les élèves à vérifier cette propriété sur la figure modèle. Pour nous, elle installe ainsi un contrat didactique favorable à la mise en œuvre de problèmes de restauration de figure et à leur validation par les élèves. D'une part, elle montre qu'il est possible, lors de la restauration d'une figure, d'identifier une propriété d'alignement de deux segments en positionnant la règle sur ces segments sur la figure modèle. D'autre part, elle organise la vérification de l'adéquation de l'action instrumentée proposée en faisant contrôler la relation existante entre les points ou les segments de la figure modèle avec l'aide de la règle. En agissant ainsi, l'enseignante permet également à l'élève interrogé de comprendre pourquoi la sélection d'une autre information est plus adéquate pour réussir avec certitude la restauration d'un segment. En revanche, nous n'avons pas relevé d'institutionnalisation orale ou écrite à propos des vérifications à réaliser pour valider l'adéquation de la proposition d'une action instrumentée pour restaurer un point ou un segment. Elles sont restées implicites dans la mise en œuvre du jeu de la validation.

Pour terminer, nous présentons un extrait de la première « situation de formulation ». A l'issue de la séance précédente (« situation d'action » n°3), l'ensemble des savoirs et savoir-faire a été institutionnalisé localement par l'enseignante.

Figure 5 :



Amorce :

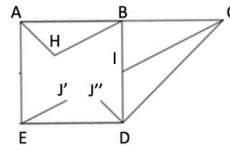


Figure 57 : Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1

Sur cet épisode, le point J a été restauré. Le prolongement du segment [ED] vient d'être réalisé pour restaurer la direction du segment [EF]. Nous notons F' l'extrémité du segment prolongé. L'élève-proposant (Eden, L35) propose alors le tracé du segment [AF] en prenant appui sur le point A et le point F'. Il mobilise donc l'action R1 de relier un point_{sommet} avec un point_{extrémité-segment}.

L'enseignante engage les élèves à se positionner sur l'adéquation de l'action (S3-PE : L41). Elle met alors en œuvre le questionnement Dis3Q (S3-PE : L43). Nous présentons ci-dessous l'effet produit de ce type d'intervention. Cinq élèves vont proposer des arguments susceptibles de prendre le statut de preuve pour invalider la proposition de l'élève :



- | | | | |
|----|----------|---|---------------------------|
| 35 | PE : | Eden
Alors qu'est-ce que je fais maintenant Eden ?
Qu'est-ce que tu veux que je fasse ? | |
| 36 | Eden | Tu poses ta règle sur le point: //pointe du doigt le point A// | |
| 37 | PE : | D'accord tu veux que je pose ma règle sur le sommet.
//positionne la règle sur le point A, dans une direction contradictoire à celle du segment [AF]
//
Et ensuite ? | Com3-AE1
Dis2-contr-IG |
| 38 | Eden : | // montre à l'enseignante de positionner sa règle sur l'extrémité F' du segment précédemment tracé// | |
| 39 | PE : | // positionne sa règle sur les points A et F'//
Alors il y en a beaucoup qui ont fait ça, alors je voudrais qu'on m'explique. | |
| 40 | PE : | Est-ce que vous êtes d'accord avec Eden ? | Dis2-méd-val/doute |
| 41 | Classe : | <u>Non</u> | Opp-é |
| 42 | PE : | Et pourquoi vous n'êtes pas d'accord ? | Dis3-Q |
| 43 | Lilou : | Parce qu'il y a une forme de cachée | Arg-é |
| 44 | PE : | Oui il y a une forme de cachée, je suis d'accord. Les formes cachées on en parlera après.
Mais pourquoi là je ne peux pas relier ? | Dis3-Q |
| 45 | Élysa : | Parce que on ne sait pas où s'arrêter. | Arg-é |

	46	PE :	Si je m'arrête là ça ne va pas ? <i>//pointe le point F//</i>	Dis3Q
	47	Lisa :	Non parce que ce n'est pas assez grand.	Arg-é
	48	Kenza :	Parce qu'il n'y a pas de point d'intersection.	Arg-é
	49	Fabien :	(<i>Se rend au tableau de lui-même</i>) Parce que d'abord , là maintenant qu'on a fait celui-là : <i>//parcourt le segment [EF']</i> , il faut faire celui-là : <i>// mime le prolongement du segment [BH]//.</i>	Arg-é
	50	PE :	Pour obtenir quoi ?	Dis3Q
	51	Fabien :	<u>Pour avoir un point d'intersection entre les deux : //montre la zone du point d'intersection à venir F//</u> Et après on pourra faire celui-là : <i>//parcourt du doigt le segment [AF]//.</i>	Arg-é
				
				
	52	PE :	Eden regarde un petit peu au tableau. Ici, je ne sais pas où je m'arrête, j'ai prolongé mais je ne sais pas où je vais m'arrêter. Donc je ne peux pas m'arrêter là, je ne sais pas où il est mon sommet. Je ne sais pas où se trouve ce sommet-là // pointe le point F sur la figure modèle// Il faut que je trouve une intersection.	Dis4A-C Com6-C

Tableau 45 : PE - Extrait 5 -S4 - Situation de formulation n°1

Les cinq arguments proposés par les élèves reposent sur des concepts, des règles d'actions et sur la perception visuelle de la longueur du segment à obtenir.

L'argument proposé par Lilou (L43) repose implicitement sur le concept d'alignement. Lilou a identifié une figure cachée, c'est-à-dire une sous-figure qui compose la figure modèle. La suite de l'extrait montre qu'il s'agit du triangle FBD (S4-Lilou : L56) Implicitement, Lilou a donc identifié la relation d'alignement existante entre les segments [BH] et [GF] de la figure modèle. L'enseignante accepte sa proposition mais oriente les élèves sur le fait que la proposition d'Eden ne convient pas, que le fait de relier les deux points indiqués ne convient pas. (S4-PE : L44).

L'argument proposé par Elysa repose sur les concepts de point et de segment : « parce que on ne sait pas où s'arrêter » (Elysa : L45). L'enseignante prend appui sur sa proposition pour orienter son questionnement sur la sélection du point F'

pour tracer le segment [AF]. Trois élèves prennent alors la parole successivement pour proposer des arguments. L'argument proposé par Lisa (L47) repose sur une perception visuelle de la longueur du segment à tracer. Les arguments proposés par Kenza et Fabien reposent sur le concept-en acte de point défini par l'intersection de deux lignes droites et sur le schème S2 « relier_{-points-sommets} ». Fabien étaye cet argument en montrant sur la figure à compléter quelle action réaliser pour obtenir le point d'intersection F afin de pouvoir relier les deux sommets A et F (S4-Fabien : L49 ; 51). Il montre donc qu'il a identifié la relation d'alignement existante entre les segments [BH] et [GF].

Tout comme dans l'extrait précédent, nous notons que l'enseignante prend appui sur les arguments proposés par les élèves pour conclure et expliquer à l'élève-proposant pourquoi sa proposition de relier les points A et F' ne convient pas. Dans la suite de l'extrait, l'enseignante prend appui sur l'argument proposé par Lilou. Elle fait identifier, vérifier sur la figure modèle la relation d'alignement existante entre les segments [BH] et [GF] et accompagne les élèves dans l'explicitation de cette relation d'alignement.

Nous pouvons déjà constater ici l'effet des interventions de l'enseignante sur le développement des schèmes discursifs des élèves. Les élèves interrogés proposent en effet des arguments comme des indications verbales sur les concepts ou encore des communications d'action adéquates à réaliser. Ces arguments reposent sur les savoirs et savoir-faire explicités et institutionnalisés par l'enseignante sur les séances précédentes.

Nous poursuivons maintenant avec l'analyse des situations de formulation pour étudier le développement du schème communicatif et du schème discursif des élèves dans la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves.

8.3 Analyse a posteriori des situations de formulation

Notre objectif pour cette analyse est d'analyser les schèmes développés par les élèves lors de la mise en œuvre des situations de formulation. Nous cherchons en effet à répondre à la sous-question de recherche suivante :

Quels schèmes mobilisent les élèves lors de la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves dans les situations de formulation ? ($Q_{R-Elève-Exp-1B}$).

Nous souhaitons tout d'abord montrer que la mise en œuvre d'une « situation de formulation orale à autrui » permet d'agir sur le développement du schème communicatif des élèves-proposants. En effet, les élèves vont être amenés à communiquer sur les informations à sélectionner pour positionner la règle dans le

but de représenter un segment, d'un point ou une relation d'alignement existante entre les points et les segments. Nous cherchons également à mettre en évidence le développement de la forme prédicative des connaissances et compétences en jeu. Nous souhaitons ensuite montrer que la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves permet d'agir sur le développement du schème discursif des élèves. En effet, les connaissances et compétences développées lors de la mise en œuvre de la suite de « situations d'action » et les règles du jeu du contrôleur vont initier les élèves au contrôle des actions instrumentées communiquées.

Nous présentons l'analyse du développement de chacun des schèmes communicatif et discursif successivement.

8.3.1 Données utilisées

Nous utilisons tout d'abord des données issues des situations d'action mises en œuvre dans la première classe. En effet, dans les trois situations d'action, une fois la restauration de la figure terminée, la consigne a été donnée aux binômes d'élèves de s'entraîner à décrire les actions qu'ils avaient réalisées pour restaurer la figure, avant de les communiquer à l'enseignante lors du jeu de la validation. Les échanges produits entre les élèves se trouvent dans l'Annexe 7, p.409. Il ne s'agit certes pas de la même modalité que la modalité de communication en dyade (ici, le binôme écoute, peut interagir mais n'agit pas). Nous analysons ici le schème de mise en mots des actions des élèves. Cela nous permet d'analyser les formes langagières et non langagières des invariants opératoires (gestes et langages utilisés). Nous ne disposons pas des données pour les six élèves suivis sur les trois situations d'action car certains élèves ont été plus longs que d'autres à restaurer la figure. Ils n'ont donc pas eu le temps de décrire leurs actions instrumentées. Toutefois, pour nous, cette analyse préliminaire permet de mieux rendre compte du développement du schème communicatif des élèves dans les situations de formulation.

Nous utilisons ensuite des données issues des situations de formulation. Les situations de formulation sont au nombre de deux. De fait, chaque élève a été amené à jouer le rôle d'élève-proposant et le rôle d'élève contrôleur une seule fois. La répartition des rôles des élèves s'est organisée de la manière suivante :

	Situation de formulation n°1	Situation de formulation n°2
Rôle de l'élève 1 :	Élève-proposant	Élève-contrôleur
Rôle de l'élève 2 :	Élève-contrôleur	Élève-proposant

Tableau 46 : Répartition du rôle des élèves dans les situations de formulation

Les données recueillies pour chaque élève-proposant relèvent donc d'une seule « situation de formulation » et portent sur deux problèmes différents. Il en est de même pour les données recueillies pour chaque élève-contrôleur. Ces données se trouvent dans l'Annexe 8, p.443.

8.3.2 Analyse globale de la mobilisation du schème communicatif des élèves

La présentation de nos analyses se schématise de la manière suivante (Figure 57). Nous commençons par réaliser une analyse globale de l'émergence du schème communicatif des élèves. Nous analysons ensuite de manière plus détaillée le schème communicatif de deux élèves : Paul, puis Noémie. Nous analysons enfin l'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème communicatif des élèves.

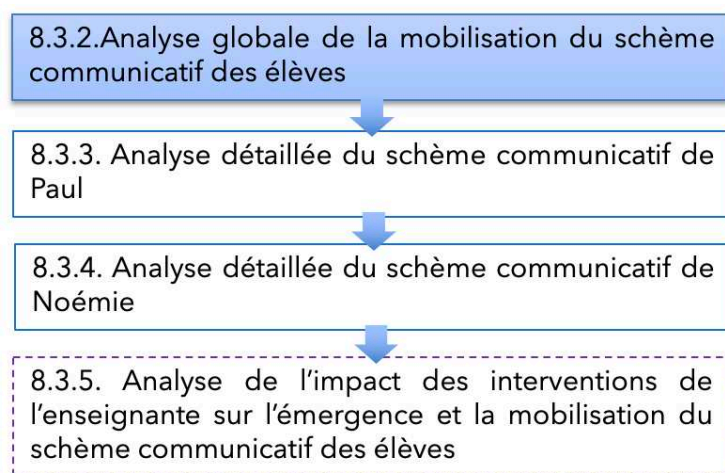


Figure 58 : Suivi des étapes de nos analyses de l'émergence du schème communicatif des élèves

→ **Analyse du schème de mise en mots des élèves dans les situations d'action**

Les binômes d'élèves sont les suivants :

Binôme 1 : Paul-Elysa ;

Binôme 2 : Fabien-Antoine ;

Binôme 3 : Lisa-Noémie.

Le Tableau 47 ci-dessous rend compte de l'analyse globale des schèmes de mises en mots des élèves lors de la mise en œuvre des situations d'action :

Elève /séance	Comp 1	Composante 2				Composante 3- Gestes et Langage utilisé				
		Com3. AE1	Com4. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6.c	LG	LT	LC
Paul S1	3		4+0				4G _d			7
Paul S2	0		6+4				7G _d			6
Elysa S2	0	2	6+2			2G _d	7G _d	3		5
Antoine S2	0	1	5+2				5G _d			5
Paul S3	0	(3*)	3+0				1G _d	(2*)	(2*)	2
Fabien S3	0	1	7+1				1G _d		1	6

(*) : sur sollicitation de l'enseignante

Tableau 47 : Analyse globale du schème communicatif des élèves dans les situations d'action

Nous analysons les schèmes de mises en mots des élèves à partir du tableau 47 et des transcriptions réalisées (Annexe 7, p.409), en nous appuyant sur le contenu des composantes du schème.

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », seul un élève communique sur le but poursuivi.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles », nous pouvons constater que la communication initiale des élèves porte essentiellement sur la communication de la deuxième action élémentaire composant une action instrumentée (Com4-AE2), l'action de tracer, complétée parfois de la communication de la zone d'arrêt du tracé. Les élèves utilisent des gestes mimétiques pour décrire les segments/points qu'ils ont restaurés.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) », seul un élève (Fabien) communique explicitement sur le concept qu'il a mobilisé pour réussir la restauration de la figure (Il s'agit de la relation d'alignement de deux segments).

Concernant le langage utilisé, nous pouvons noter que la majorité des élèves utilisent du langage courant.

Cette analyse préliminaire montre que la majorité des six élèves que nous avons suivis ne communiquent pas ou peu sur les relations existantes entre les points/segments donnés sur la figure et les points/segments à représenter. Elle montre de plus qu'ils communiquent en utilisant un langage courant et des gestes mimétiques pour décrire les tracés effectués. Ils n'utilisent pas le langage technique, sauf sur sollicitation de l'enseignante (Paul).

Nous poursuivons maintenant avec l'analyse de l'émergence du schème communicatif des élèves dans les situations de formulation.

→ **Analyse de l'émergence et la mobilisation du schème communicatif des élèves dans la « situation de formulation »**

Les binômes d'élèves sont les mêmes :

Binôme B1 : Paul-Elysa ;

Binôme B2 : Fabien-Antoine ;

Binôme B3 : Lisa-Noémie.

Le tableau 48 ci-dessous rend compte de l'analyse globale des schèmes communicatifs des élèves lors de la mise en œuvre des situations de formulation :

	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
	Com1 but	Com 3-AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. _{RA}	Com6. _c	LG	LT	LC
Elysa S4	1	9	6+5	1	2	2G _d	1G _d	3	4	8
Fabien S4	1	6	8+4	9	3	1G _d	5G _d +2F	1	2	17
Antoine S4	1	9	8+4	5	0	6G _R	2G _d	2	6	4
Paul S5	0	10	7+7	5	6	10G _d	4G _d +1F	4	9	6
Noémie S5	6	11	8+2	2	10	4G _d +2G _R	1G _d	2	3	13
Lisa S5	1	6	4+2	2	1	2G _d	4G _d +1F	1	3	4

Tableau 48 : Analyse globale de l'émergence du schème communicatif des élèves dans les situations de formulation

Nous analysons l'émergence du schème communicatif des élèves en prenant appui sur le tableau 48 et les transcriptions réalisées (Annexe 8, p.443), en nous appuyant à nouveau sur le contenu des composantes du schème.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles », nous pouvons identifier que lors de la mise en œuvre de la « situation de formulation », une majorité des élèves communiquent sur la première action élémentaire, c'est-à-dire sur les informations sélectionnées pour positionner la règle. Ils communiquent donc implicitement sur la mise en relation existante entre les points/segments donnés sur la figure à compléter et les points/segments à représenter. Le nombre d'occurrences montre qu'une majorité d'entre eux verbalisent cette information sur la majorité des actions instrumentées communiquées. Ils communiquent toujours sur la deuxième action élémentaire, c'est-à-dire sur le tracé à effectuer et la zone d'arrêt des tracés.

Nous pouvons identifier également que les élèves contrôlent plus ou moins fréquemment l'information sélectionnée qui est communiquée pour positionner la règle. Trois d'entre-eux interviennent pour contrôler la zone d'arrêt du tracé.

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », nous notons que très peu d'élèves communiquent sur le but poursuivi. Ils n'indiquent pas quel segment et point ils souhaitent représenter. Quelques élèves communiquent sur le but atteint. Par exemple, ils verbalisent sur l'obtention du point d'intersection de deux lignes droites à la fin de la réalisation d'une action instrumentée.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) », nous relevons que trois élèves verbalisent la présence d'une relation d'alignement de segment, voire d'un segment et un point, lors de la communication des actions à réaliser.

Une partie des élèves accompagnent leurs verbalisations de gestes déictiques (G_d) de parcours ou de pointage sur les segments/points à mettre en relation avec le segment ou le point à représenter, c'est-à-dire sur les informations à sélectionner pour positionner la règle de façon adéquate. D'autres élèves accompagnent leurs verbalisations en positionnant leur règle (G_R) sur l'information à sélectionner sur leur figure modèle.

Cinq des six élèves suivis mobilisent le langage technique et le langage courant pour communiquer les actions instrumentées à réaliser. Ponctuellement, tous les élèves commencent à utiliser le langage géométrique.

Conclusion sur les schèmes mobilisés par les élèves lors de la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves dans les situations de formulation

Ainsi, les caractéristiques de la « situation de formulation » ont amené les schèmes d'action des élèves à s'adapter, à évoluer vers le schème communicatif. Globalement, la comparaison entre le schème de mise en mots et le schème communicatif des élèves permet de constater l'émergence du schème communicatif des élèves lors de la mise en œuvre des situations de formulation. Les élèves s'exercent ainsi à investir les composantes 2 et 3 du schème pour communiquer et faire comprendre les différentes actions élémentaires à réaliser. Pour cela, ils mobilisent le langage et des gestes. Le langage utilisé est varié. Les élèves mobilisent du langage courant, parfois du langage géométrique. L'usage du langage technique par les élèves repose sur le développement de leurs schèmes d'action. En effet, en fonction du développement des concepts et des schèmes d'action des élèves, nous avons constaté un développement plus ou moins avancé du schème communicatif des élèves. Nous en déduisons que le développement de la forme prédicative des connaissances et des compétences en jeu s'est initié lors de la mise en œuvre de la « situation de formulation ». Son développement nécessiterait d'être poursuivi par la mise en œuvre d'autres situations de formulation.

Afin de montrer plus précisément le développement conjoint des formes prédicatives des connaissances et des compétences des élèves, mais aussi les résistances constatées, nous poursuivons avec l'analyse détaillée du schème communicatif des élèves Paul et Noémie. Nous avons analysé de manière détaillée les schèmes d'action de Paul dans la section 8.2.3. L'analyse de ce même élève vise à mettre en évidence l'évolution de son processus de conceptualisation sur l'ensemble de la suite de situation. Quant à Noémie, nous avons identifié le faible développement de ses schèmes d'action lors de la mise en œuvre des trois situations d'action. Nous cherchons ici à analyser l'impact de ce faible développement sur celui de son schème communicatif.

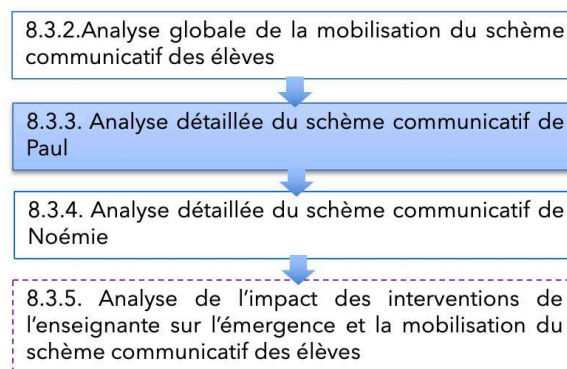


Figure 59 : Suivi des étapes de l'analyse de l'émergence du schème communicatif des élèves - 8.3.3. Analyse détaillée du schème communicatif de Paul

8.3.3 Analyse détaillée du schème communicatif de Paul

Nous rendons compte ici de l'analyse détaillée de l'émergence du schème communicatif de l'élève Paul. Pour cela, nous utilisons comme données les descriptions de ses actions dans la première et la troisième « situation d'action » (Annexe 7, p.409). Ces données nous permettent d'analyser son schème de mise en mots initial, avant la mise en œuvre de la « situation de formulation ». Nous utilisons ensuite comme données le contenu des actions communiquées par Paul à sa binôme Elysa dans la « situation de formulation ».

Nous analysons les données selon la méthodologie indiquée dans la partie 4.1.2. Les transcriptions des échanges entre Paul et Elysa, ainsi que le tableau d'analyse complété pour Paul se trouvent dans l'Annexe 8.

→ Analyse du schème de mise en mots de Paul sur la première « situation d'action ».

Nous disposons des verbalisations produites par Paul pour décrire ses actions lors de la restauration de la figure 1, pas la figure 2. Nous analysons donc cet extrait pour rendre compte des verbalisations et du langage utilisé sur la première « situation d'action ».

Nous présentons tout d'abord ci-dessous (Tableau 49) les verbalisations produites par Paul pour décrire les actions réalisées à sa binôme Elysa, après avoir résolu le premier problème de restauration :

J'ai commencé par ici (montre le point J). J'ai refermé ce **trait-là** (mime le tracé du segment [IJ]) pour faire le grand **triangle** (parcourt le triangle JMH).

J'ai fermé **ce trait-là** (mime le tracé du segment [GF]) pour faire le petit **triangle** (parcourt le triangle EFH).

Là j'ai fermé **ce trait-là** (mime le tracé du segment [BC]) pour fermer le grand **triangle** (parcourt le triangle ACM), et là aussi (mime le tracé du segment [NM]).

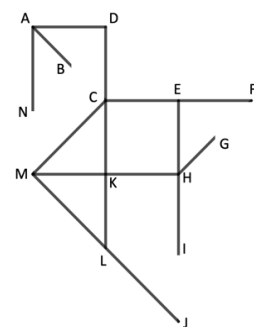


Tableau 49 : Extrait S1- Verbalisation de Paul à propos des actions instrumentées qu'il a réalisées pour restaurer la figure

Nous analysons le schème de mise en mots de Paul, en nous appuyant à nouveau sur le contenu des composantes du schème.

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », nous pouvons noter que Paul décrit le but poursuivi par chaque tracé effectué en précisant quel triangle est ainsi restauré.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles », nous pouvons identifier que Paul décrit essentiellement l'action élémentaire de tracer (AE2). Il utilise du langage courant (fermer, traits) accompagnés de gestes mimétiques des tracés qu'il a effectués.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) », Paul mobilise essentiellement du langage courant et des mimétiques des tracés qu'il a effectués. Il ne mobilise pas le langage technique. Ses verbalisations confirment qu'au début de la séquence, il mobilise une vision surfaces sur les polygones qui composent la figure modèle. Il cherche à fermer le contour des polygones composant la figure modèle.

→ Analyse du schème mise en mots de Paul sur la troisième « situation d'action ».

L'enseignante est intervenue auprès de Paul pour lui faire expliciter sa démarche. Nous prenons appui sur cet extrait pour analyser son schème de mise en mots. La transcription complète se trouve dans l'Annexe 7, p.409.

Le problème de restauration est le suivant :

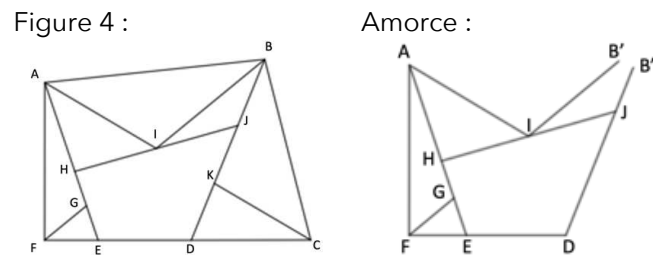


Figure 60 : Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3

Les premières verbalisations produites par Paul portent sur la deuxième action élémentaire composant une action instrumentée, c'est-à-dire sur les tracés effectués : « Alors, j'ai commencé par faire ces deux traits là : //parcourt son doigt sur les segments [IB] et [JB]// ». (DescOrales-S3-ép-L01) ; « J'ai fait ce trait-là pour me repérer où je devais mettre ma règle après » : //parcourt du doigt le segment [DC] puis le segment [BC] //» (DescOrales-S3-ép-L07).

L'enseignante intervient alors en posant des questions du type Com3-AE1 : « Tu l'as posé sur quoi ? » (DescOrales-S3-ép-L04-PE) ; « Tu as posé ta règle sur quoi ? » (DescOrales-ép-L10-PE)

Cela conduit Paul à verbaliser la première action élémentaire composant une action instrumentée : les informations à sélectionner pour positionner la règle : « J'ai posé sur le point d'intersection //montre le point C'// et j'ai tracé. » (DescOrales-S3-ép-L15) ; « J'ai posé ma règle sur le point d'intersection : //montre le point B// » (DescOrales-S3-ép-L17).

Nous analysons le schème de mise en mots mobilisé par Paul sur cette « situation d'action » :

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », nous pouvons identifier que Paul ne verbalise pas tout de suite qu'il a représenté le point B comme point d'intersection des demi-droites [IB') et [JB''). Il le formule explicitement à la suite du questionnement de l'enseignante : « J'ai posé ma règle sur le point d'intersection ».

Paul verbalise également un sous-but. Il indique avoir d'abord représenté le segment [DC] pour tracer ensuite le segment [BC]. Sa description orale montre

qu'il a estimé visuellement la longueur du segment [DC] pour relier ensuite le point B au point C' obtenu. Nous pouvons donc relever chez Paul deux représentations différentes du concept de point.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles », nous pouvons tout d'abord identifier que Paul verbalise des informations spatiales et géométriques. Par exemple, il prend appui sur la perception de la longueur et de la direction des segments donnés sur la figure modèle pour verbaliser la zone d'arrêt des tracés. Nous notons que Paul décrit encore essentiellement l'action élémentaire de tracer. Ce n'est que sur la sollicitation de l'enseignante qu'il communique sur les informations qu'il a sélectionnées pour mener la première action élémentaire. Ses verbalisations et gestes déictiques montrent qu'il sélectionne comme information la donnée d'un seul point ou la donnée d'un segment.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) » : Paul verbalise à nouveau essentiellement sur les segments tracés, dans un langage courant. Nous pouvons toutefois identifier que Paul commence à verbaliser la notion de point d'intersection de deux-demi-droites lorsqu'il est sollicité par l'enseignante. Il verbalise donc sur le concept de point. Paul verbalise tout d'abord ses actions dans un langage courant (faire, traits), complété de gestes de parcours sur des segments ou des gestes de pointage sur les points. Paul utilise un langage technique pour décrire sur quoi il a positionné sa règle, lorsqu'il est accompagné par le questionnement de l'enseignante. Nous déduisons également des premières actions communiquées qu'il déduit de la présence d'un segment la possibilité de le prolonger.

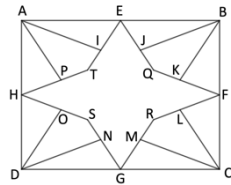
Conclusion sur l'analyse du « schème de mise en mots » de Paul

Ainsi, nous pouvons noter que lors de la mise en œuvre des situations d'action, Paul verbalise ses actions instrumentées sous forme langagière et gestuelle. Il produit des phrases pour décrire ses actions. Il utilise essentiellement des termes du langage courant pour décrire la deuxième action élémentaire réalisée : les tracés qu'il a effectués. Il utilise également du langage courant pour marquer la planification de ses actions. Il utilise peu le langage géométrique. La forme prédicative des connaissances et des compétences n'est pas mobilisée spontanément. Le schème de mise en mots de Paul est donc en cours de développement.

→ Analyse du schème communicatif de Paul sur la « situation de formulation »

Paul a communiqué les actions instrumentées dans la « situation de formulation » 2 (Annexe 8, p.443). Il a communiqué à sa binôme les actions instrumentées à réaliser pour restaurer la figure suivante (Figure 23) :

Figure 6 :



Amorce :

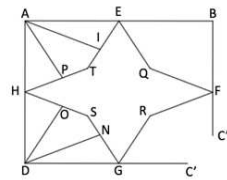


Figure 61 : Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2

La communication des actions instrumentées à réaliser pour représenter le point-sommet C repose sur le développement du schème d'action $S3_{\text{-prolonger}}$. La communication des actions à réaliser pour représenter les segments [JB], [KB], [LC] et [MC] repose sur le développement du schème d'action $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$. Les actions instrumentées à communiquer pour représenter les quatre segments étant similaires, nous faisons le choix d'analyser uniquement l'extrait associé à la restauration du segment [JB].

Dans l'épisode ci-dessous (Tableau 50), Paul communique donc l'action instrumentée à réaliser pour tracer le segment [JB] :

Dans nos transcriptions, nous utilisons la couleur :

- rouge pour l'usage du langage géométrique
- orange pour l'usage du langage courant
- bleu clair pour l'usage du langage technique
- verte pour marquer les contrôles effectués sur l'action élémentaire réalisée par l'élève-contrôleur-traceur

28 P Alors voyons voir //prend la figure modèle, l'observe//
Attends je regarde, je regarde ce que tu pourrais faire : // *prélève des informations avec sa règle sur la figure modèle*//



Élève-
proposant
Paul
(Com6-RA
- prélève
info sur
modèle
avec la
règle)






29	P :	Alors tu mets ta règle sur le segment : // s'arrête, pointe le segment [HT] sur le modèle,		Com3-AE1 LT+Gd LG
		puis pointe le segment [HT] sur la figure à compléter // : ici	figure modèle →  → figure à compléter	
30	E :	//positionne sa règle sur le segment [HT]//		
31	P :	Voilà. Et tu traces jusqu'au point.		Com5- contAE1 Com3-AE2 LT + LG
32	E	//s'apprête à tracer à partir du point T//		
33	P :	Heu...pas là... juste ici : // montre le point J//		Com5- cont- AE2+Gd
34	E :	//Trace le segment [JB]//		
35	P :	Voilà, comme ça.		Com5- cont-AE2

Tableau 50 : Extrait 1 - S5 - Situation de formulation - Binôme B1 (Paul et Elysa)

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », Paul ne communique pas sur le but qu'il poursuit, ni sur ce qu'il cherche à représenter.

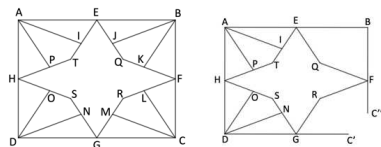
Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles », nous pouvons identifier que Paul commence par prélever des informations sur la figure modèle avec sa règle (L28). (Il procède de même sur certains autres épisodes, avec ou sans la règle : L01, L36)

Il communique alors sur le segment à sélectionner pour positionner la règle, d'abord sur sa figure modèle, puis sur la figure à compléter d'Elysa. Il utilise un langage technique géométrique (L29) et accompagne son indication verbale d'un geste de pointage sur le segment à sélectionner. Nous pouvons ensuite supposer qu'il utilise le terme « Voilà » pour contrôler qu'Elysa a sélectionné le segment indiqué. Il communique alors sur le tracé à effectuer en précisant la zone d'arrêt du tracé (L31). Nous identifions qu'il contrôle également le tracé que s'apprête à réaliser Elysa. Il la stoppe et lui indique où commencer son tracé (L33). Il verbalise

enfin une expression qui semble montrer qu'il contrôle le tracé réalisé (L35). Nous pouvons donc constater qu'il communique correctement le schème $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) », nous pouvons identifier que Paul communique explicitement sur les notions de segment et point. Il mobilise le langage géométrique et des gestes déictiques de parcours ou de pointage sur les segments et les points. Concernant le langage, il utilise aussi le langage technique pour communiquer sur les actions instrumentées à réaliser.

Nous présentons un autre extrait pour compléter l'analyse de la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) ». Dans l'extrait-ci-dessous (Tableau 51), nous pouvons noter que Paul communique explicitement sur la relation d'alignement existante entre le point B et le segment [GR].



Élève-
proposant
Paul

42 P : *Mets ta règle ici : //pointe le point B avec son doigt//*



Com3-AE1
LT+Gd

43 E : *//Positionne sa règle sur le point B//*

44 P : *Voilà, et il faut que ce soit aligné jusqu'ici : //parcourt le segment [GR]//*



Com6-C
alignement
LG+Gd

Tableau 51 : Extrait 2 - S5 - Situation de formulation - Binôme B1 (Paul et Elysa)

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) », nous identifions donc ici que Paul communique également explicitement sur la relation d'alignement. Pour cela, il utilise du langage technique, accompagné de gestes déictiques de pointage et de parcours sur le point et le segment à sélectionner. Nous pouvons donc constater ici la mobilisation du schème $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$. En effet, nous avons analysé que Paul n'avait pas mobilisé ce schème lors de la mise en œuvre de la troisième « situation d'action ». Le jeu de la validation et l'institutionnalisation locale réalisées par l'enseignante à propos de la relation d'alignement de deux segments lors de la troisième « situation d'action » lui ont donc permis d'investir cette connaissance dans la « situation de formulation ».

Conclusion sur l'analyse du « schème communicatif » de Paul

Ainsi, cette analyse montre tout d'abord une évolution du schème de mise en mots de Paul. Ce dernier construit des phrases en mobilisant la forme prédicative des connaissances et des compétences en jeu. Il utilise le langage technique pour communiquer les actions instrumentées à réaliser et mobilise le langage géométrique de manière appropriée pour communiquer sur les concepts de point, de segment et d'alignement de segments.

Nous pouvons aussi identifier un certain développement positif du schème communicatif de Paul. Ce schème repose sur le développement des schèmes d'action de Paul. Il communique sur les deux actions élémentaires à réaliser. Il utilise pour cela le langage technique, accompagné de gestes déictiques, et le langage géométrique. Ces deux types de langage et les gestes associés permettent d'identifier une communication réussie des actions instrumentées à réaliser.

La mise en œuvre des situations d'action et de formulation, ainsi que les interventions menées par l'enseignante sur l'ensemble des situations d'action, ont donc eu un impact positif sur l'émergence et le développement du schème communicatif de Paul.

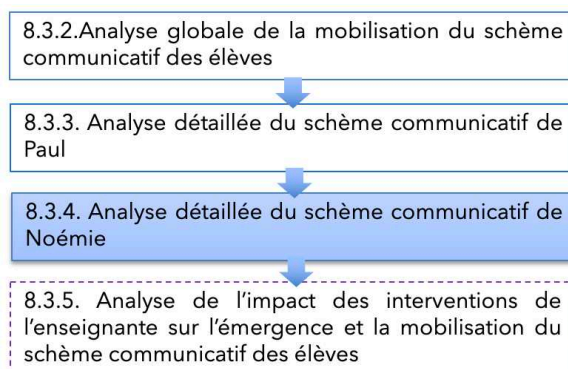


Figure 62 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.3.4 - Analyse détaillée du schème communicatif de Noémie

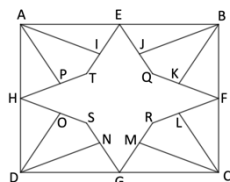
8.3.4 Analyse détaillée du schème communicatif de Noémie

Nous poursuivons avec l'analyse du schème communicatif de Noémie. Un de nos objectifs est d'analyser les difficultés que va peut-être rencontrer Noémie pour communiquer les actions instrumentées à réaliser. En effet, nous avons analysé dans la section 8.2.4 qu'elle a peu développé les schèmes d'action visés par la mise en œuvre des trois premières situations d'action. Un autre de nos objectifs est d'apporter des éléments de compréhension quant aux schèmes d'action peu

développés chez cette élève à la fin de la suite des situations d'action et de formulation.

Noémie a également communiqué les actions instrumentées à réaliser pour résoudre le problème de restauration suivant (Figure 63) :

Figure 6 :



Amorce :

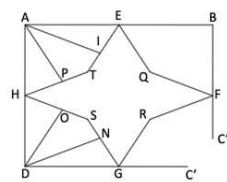


Figure 63 : Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2

Nous présentons ci-dessous les actions communiquées par Noémie, sur les cinq premiers épisodes :

- 06 N : **Celui-là** : //pointe le segment [JB] avec son doigt//
 14 N : Tu fais **ce trait-là** : //montre le segment [BC']//
 30 N : Tu fais **ce trait-là** : //montre le segment [DC']//
 41 N : Tu fais **ce trait, comme ça** : //parcourt le segment [KB] du doigt, en aller-retour//
 49 N : Voilà, fais **ce trait** : //parcourt le segment [MC] avec son doigt //

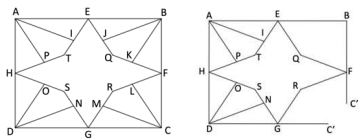
Tableau 52 : Extrait 1 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », nous pouvons identifier que Noémie communique sur le but sur chacun de cinq premiers épisodes. Il indique le segment qu'elle veut faire représenter, tracer.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles », nous pouvons identifier que sur les cinq premiers épisodes, Noémie ne communique jamais sur l'information à sélectionner pour conduire la première action élémentaire composant une action instrumentée. Elle ne porte pas son attention sur la relation d'alignement existante entre un segment donné sur la figure à compléter et un segment à restaurer. Elle communique uniquement sur le trait à tracer (Com-AE2t), dans un langage courant, accompagné d'un geste de parcours sur le segment à tracer.

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) », nous identifions que Noémie utilise un langage courant (faire, trait). Elle accompagne ses indications verbales par gestes déictiques de pointage sur les segments à tracer. Elle cherche à fermer le contour des polygones qui composent la figure modèle. Nous déduisons de l'analyse de la « composante 2 » que les concepts de segment, d'alignement de segment, ne sont pas développés. Nous notons qu'elle n'utilise pas le langage technique.

Les actions communiquées par Noémie vont conduire sa binôme Lisa, dans le rôle d'élève-contrôleur, à manifester explicitement son opposition. L'élève-contrôleur indique en effet à Noémie qu'elle n'est pas d'accord parce qu'elle ne lui dit pas sur quel segment positionner la règle. Nous analysons cette opposition dans la partie suivante consacrée à l'analyse du schème discursif des élèves. Nous analysons ci-dessous (Tableau 53) l'effet produit des oppositions réalisées sur le développement des schèmes d'action de Noémie, et donc de son schème communicatif.



Élève-proposant
Noémie

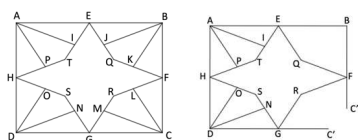
- 53 N : Mais je montre ça regarde : //pointe le segment cherché [MC]//.
Lui tu le fais pas //pointe le segment donné [HS]//

Com1-but

Tableau 53 : Extrait 2 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Cet extrait montre que l'attention de Noémie ne porte pas sur la relation d'alignement existante entre le segment [HS] et le segment [MC] cherché. La « composante 2 : prises d'informations, règles d'action et contrôles » de son schème d'action n'est pas mobilisée.

Dans l'extrait ci-dessous (Tableau 54), l'enseignante va alors intervenir pour l'aider à communiquer sur le segment à sélectionner pour positionner de la règle adéquatement :



Élève-proposant
Noémie

- 54 PE : Dis-lui sur quoi elle doit poser sa règle, explique bien, montre avec ton doigt.
55 N : Sur ça : //parcourt le segment [HS]//.



Com3-AE1
LC

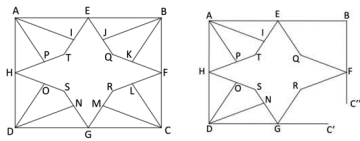
- 56 PE : Ça s'appelle comment ?

- 57 N : Un trait, sur le trait.

LC

Tableau 54: Extrait 3 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Dans la suite (Tableau 55), Noémie continue de communiquer le but à poursuivre. L'élève-contrôleur va alors mettre en œuvre deux autres oppositions :



Élève-
proposant
Noémie

61 N : Maintenant tu fais **ce trait-là** : //positionne sa règle sur le segment [EQ], montre le segment qui manque [LC]//.



Com1-but

62 L : Ok, je positionne au hasard ?

63 N : Non **sur ce trait** // pointe le segment déjà là [EQ]//.

Com3-AE1
LC + Gd

64 N : //décale sa règle et parcourt du doigt le segment [EQ]// : **sur ce trait**.

Com3-AE1
LC

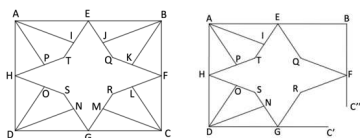
Et après tu traces ce trait.

Com4-AE2-t
LC

Tableau 55 : Extrait 4 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Nous pouvons identifier que l'intervention de l'élève-contrôleur permet à Noémie de réinvestir l'aide apportée par l'enseignante. Elle communique sur le segment à sélectionner pour positionner la règle adéquatement dans le but de reproduire la relation d'alignement existante entre les segments [LC] et [EQ].

Enfin, dans l'extrait ci-dessous (Tableau 56), la contradiction réalisée par l'élève-contrôleur permet d'observer Noémie contrôler l'information sélectionnée par sa binôme. Elle communique sur le segment donné à mettre en relation avec celui cherché :



Élève-
proposant
Noémie

65 L : D'accord.
//positionne sa règle à côté du segment [EQ]//.

66 N : Non **sur le trait**, là tu n'es pas **sur le trait**.

Com5-cont AE1
LC

Tableau 56: Extrait 5 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Conclusion sur l'analyse du schème communicatif de Noémie

Cette analyse confirme que le développement des schèmes d'action est nécessaire pour développer le schème communicatif des élèves. Noémie a rencontré des difficultés pour communiquer et faire comprendre les actions instrumentées à réaliser, à utiliser un langage technique. L'analyse de ces extraits montre que, contrairement à Paul, les interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur le développement du schème communicatif lors de la mise en œuvre du jeu de la validation ne suffisent pas. Le développement des schèmes d'action est un préalable.

Toutefois, nous pouvons observer un effet positif du jeu mené par l'élève-contrôleur. En effet, c'est lors de la deuxième « situation de formulation » que Noémie prend conscience de la nécessité de porter son attention sur la relation existante entre les segments donnés sur la figure et les segments à restaurer. Cette prise de conscience a été permise grâce aux oppositions de l'élève-contrôleur et grâce à l'intervention du type Com-AE1 de l'enseignante.

Elle montre également que le jeu du contrôleur entre élèves peut être un moyen d'agir sur le développement des schèmes d'action. En effet, les incompréhensions et oppositions menées par l'élève contrôleur permettent, comme dans cet extrait, d'agir sur l'émergence de ces schèmes.

Nous poursuivons avec l'analyse de l'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème communicatif des élèves.

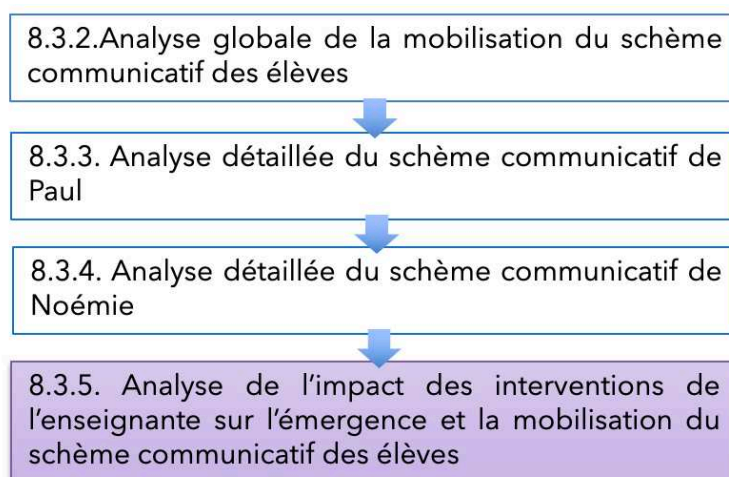


Figure 64 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.3.5 - Analyse de l'impact des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème communicatif des élèves

8.3.5 Analyse de l'impact des interventions de l'enseignante sur l'émergence et la mobilisation du schème communicatif des élèves

Notre intention est maintenant de mettre en relation le contenu des interventions menées par l'enseignante dans le jeu de la validation et celles menées par l'élève-proposant dans le jeu du contrôleur entre élèves.

Il s'agit de répondre à la sous-question de recherche suivante :

Quel est l'impact des interventions de l'enseignante sur le développement des schèmes des élèves ? ($Q_{R-PE-Exp-2C}$).

Pour cela, nous mettons en relation les tableaux d'analyse des interventions de l'enseignante (Tableau 36) avec celui des élèves (Tableau 48), pour identifier les types d'interventions de l'enseignante que nous retrouvons chez les élèves.

→ **Mise en relation du contenu des interventions des élèves avec le contenu des interventions de l'enseignante**

Pour effectuer cette analyse, nous rappelons la caractérisation du contenu de l'intervention de l'enseignante que nous avons présentée en 8.2.5.e. Nous insérons les exemples déjà explicités dans la première colonne des tableaux 57 à 61 ci-dessous. Nous insérons alors dans la deuxième colonne certaines interventions des élèves dont le contenu est en relation avec celui de l'enseignante. Nous les prélevons dans les transcriptions des échanges produits entre les élèves (Annexe 8, p.443).

« Composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles »

→ Rappel du contenu de l'intervention du type « Com3-AE1 » :

A : Favorise la compréhension lors de la communication des informations à sélectionner pour positionner la règle.

B : Favorise la mise en relation d'un segment donné sur la figure à compléter avec le segment cherché. Donne l'indication verbale d'effectuer des gestes déictiques de parcours ou de pointage sur les unités graphiques communiquées.

C : Reformule le positionnement de la règle dans un langage technique courant, parfois dans un langage technique géométrique.

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Effet positif sur le contenu de l'intervention de certains élèves
A	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type « Je pose ma règle où ? Je mets ma règle sur quoi ? » (S1-PE : L45) ; « Je la mets sur quoi ? Sur quel trait je mets ma règle ? (S1-PE : L78 ; 80). 	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « Lequel ? tu dois me dire tu poses la règle sur... Alors je pose ma règle sur quoi ? Sur ça ? Comme ça ? montre ! » (S5-Lisa : L07)
B	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « Sur quel trait je mets la règle ? Montre-moi » (S1-PE : L80). 	<ul style="list-style-type: none"> • Questions, indications données : « Comme ça tu veux dire ? En fait tu dois dire : sur ce trait : //parcourt son doigt sur le segment [EJ]// » (S4-Antoine : L07) « Si tu veux qu'on fait celui-là : //montre le segment [DJ'] avec son doigt//, ben tu me dis tu mets la règle sur ce trait-là : //positionne sa règle sur le segment [DJ']//.(S4-Antoine : L07)
C	<ul style="list-style-type: none"> • Reformule : « Je mets ma règle sur ce trait-là » « D'accord, je mets ma règle sur les deux sommets » (S1-PE : L138). 	<ul style="list-style-type: none"> • Formule : « Tu places ta règle sur le trait-là : //pointe le segment [EJ]// » (S4-Lisa : L01). « Tu mets ta règle sur le segment ici : //pointe le segment [GC'] avec son doigt// (S5-Paul : L13). « Maintenant tu mets ta règle sur ce point : //pointe le point A// (S4-Elysa : L16).

Tableau 57: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves
- Exemple 1

Nous pouvons constater des similitudes assez fortes dans les questionnements menés, avec l'usage d'un langage technique. Nous pouvons également relever que certains élèves, comme Antoine et Lisa, donnent des indications à l'élève-proposant pour l'aider à communiquer correctement la première action élémentaire à réaliser dans un langage technique.

Ce type d'intervention n'a pas eu d'effet observé sur le contenu de l'intervention de deux élèves (Fabien et Noémie) lors de la mise en œuvre de la « situation de formulation ». Le contenu de l'intervention des élèves-proposants est resté orienté sur le tracé à effectuer.

Par exemple :

« Mets un grand trait comme ça » (S4-Fabien : L55).

« Tu fais ce trait-là : //montre le segment [BC']// » (S5-Noémie : L14).

→ Rappel du contenu de l'intervention du type « Com4-AE2 » :

A : Invite l'élève à communiquer sur la deuxième action élémentaire, marque la temporalité entre les deux actions élémentaires

B : Favorise l'émergence du concept-en-acte de point défini par l'intersection de lignes droites. Propose une rétroaction verbale sur la zone de tracé. Donne des indications verbales sur la zone de tracé du point d'intersection à venir

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
A	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « Et puis ? » (S2-PE : L30) ; « Et après je fais quoi ? » (S2-PE : L57). 	<p>« Après, qu'est-ce que je fais ? (S5-Lisa : L29).</p> <p>« Et après, tu traces jusqu'ici, jusqu'au point » (S5-Antoine : L06) « Et maintenant tu traces, tu t'arrêtes à la ligne » (S4-Elysa : L41)</p>
B	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « On s'arrête où ? » (S2-PE : L32 ; 87 ; 153). • Donne des indications du type : « Je vois à peu près où m'arrêter » (S2-PE-L155) ; « On sait que ça va s'arrêter à peu près-ici » (S2-PE : L194 ; S3-PE : 109). « Pour l'instant, on n'a pas le point, je me suis arrêtée au hasard » (S3-PE-L128). 	<ul style="list-style-type: none"> • Donne des indications du type : « Tu peux tracer et tu t'arrêtes ici : //montre le segment précédemment tracé// (S4-Elysa-L13). « Et tu trace jusque ici » (S5-Paul-L19). « Tu traces le trait de ici à ici » (S5-Antoine-L29). « Tu traces à peu près jusque-là : montre la zone d'arrêt du tracé » (S4-Lisa-L03 ; 09). « Tu traces comme ça, tu t'arrêtes où tu veux » (S5-Paul : L9).

Tableau 58: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 2

Nous notons ici le lien entre le contenu des interventions de l'enseignante sur le concept de point et le contenu des interventions des élèves. Le contenu des interventions de certains élèves porte ainsi soit sur la sélection des points situés aux extrémités des segments à représenter, soit sur le fait qu'il est possible de prolonger un segment autant qu'on veut.

Nous relevons que le contenu des interventions de l'enseignante sur la zone d'arrêt du tracé se retrouve dans certains contenus des interventions des élèves. Pour nous, ce type d'intervention peut se constituer en obstacle dans la compréhension des concepts de droite et de point d'intersection de droites.

→ Rappel du contenu de l'intervention du type « Com5-ContAE1 » :

- Propose une rétroaction verbale sur les informations sélectionnées pour positionner la règle : Pose une question du type : « Comme ça ? »

Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « Comme ça ? » 	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « Comme ça ? » (S4-Paul : L19) ; (S5-Fabien : L17) « Celui-là là ? » (S5-Fabien : L28)

	<ul style="list-style-type: none"> • Verbalise : « Voilà, comme ça, et après tu traces. » (S5-Antoine : L12) « Voilà, comme ça » (S5-Paul : L35) « Oui, là c'est bien » (S4-Lisa : L19) « Non sur le trait, là tu n'es pas sur le trait » (S5-Noémie : L65) « Mais c'est mal mis, mais c'est mal mis » (S4-Fabien : L66)
--	---

Tableau 59: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 3

Nous relevons ici que les élèves donnent des indications verbales qui permettent d'identifier qu'ils contrôlent la compréhension des informations à sélectionner pour positionner la règle.

« Composante 1 : buts, sous-buts et anticipations » :

→ Rappel du contenu de l'intervention du type « Com1-but » :

- Donne une indication verbale sur le point obtenu, le reformule en mettant en relation les différentes désignations d'un point.

Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
<ul style="list-style-type: none"> • Donne des indications du type : « Oui, on a fait notre point d'intersection qui est notre sommet » (S4-PE : L21). 	<ul style="list-style-type: none"> • Donne des indications du type : « Maintenant tu as le point d'intersection » (S4-Elysa : L15) « Et du coup ça va faire un point d'intersection » (S4-Fabien : L18) « Et voilà ça fait un point d'intersection » (S4-Lisa : L06)

Tableau 60: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 4

Le contenu des interventions des élèves montre qu'ils explicitent le fait d'avoir représenté le point_{sommet} cherché par l'intersection de deux lignes droites.

« Composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) »

→ Rappel du contenu de l'intervention du type « Com6-RA et Com6-C » :

Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
<ul style="list-style-type: none"> • Pose une question du type : qu'est-ce qu'il fallait voir sur la figure modèle pour réussir ? (PE-S2-250). 	<ul style="list-style-type: none"> • Donne des indications du type : « Et regarde ça se voit Noémie regarde : //montre le positionnement de sa règle sur le segment aligné à celui cherché sur la figure modèle// ça se voit hein ! (S4-Lisa-21)

Tableau 61: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 5

Nous percevons ici un lien entre une question régulièrement posée par l'enseignante « Qu'est-ce qu'il fallait voir ? » et le contenu de l'intervention d'une élève-proposante. En effet, cette dernière positionne sa règle sur les deux segments alignés sur la figure modèle. Elle verbalise alors à deux reprises que « ça se voit ». La relation d'alignement n'est pas verbalisée explicitement mais elle est communiquée dans l'action.

Nous complétons cette analyse avec l'analyse d'un extrait du jeu de la validation mené dans la deuxième et dernière « situation de formulation ». Il permet d'identifier l'impact des interventions de l'enseignante identifiées sur le développement du schème communicatif de l'élève Lisa.

→ Effet produit chez les élèves de certaines des interventions identifiées

Nous mettons ici en évidence l'effet produit chez l'élève Lisa des interventions de l'enseignante. L'extrait est issu de la deuxième « situation de formulation », lors de la mise en œuvre du jeu de la validation. Nous nous focalisons sur les interventions menées pour communiquer la première action élémentaire à réaliser.

Dans cet extrait (Tableau 62), issu de la deuxième « situation de formulation », nous pouvons constater l'effet des interventions menées par l'enseignante sur le développement du schème communicatif de l'élève Lisa. En effet, lors du jeu de la validation mené par l'enseignante, l'élève-proposante communique de manière spontanée sur le lien existant entre le but poursuivi (la représentation d'un segment - L43) et la mise en relation de la règle avec le segment donné aligné avec celui cherché. Elle utilise pour cela le langage technique et des gestes déictiques de parcours sur les segments. La première action élémentaire est en outre marquée par le terme « d'abord » :

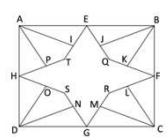


	42	PE :	Lisa ?
	43	Lisa :	Il faut que tu traces ce trait-là // parcourt le segment [LC]// et d'abord il faut que tu poses ta règle sur ce trait-là //parcourt [EQ]// //Parcourt les segments [LC] et [EQ] sur la figure modèle //
	44	PE :	D'accord il est où mon trait ? //montre la figure à compléter//
	45	Lisa	//Parcourt le segment [EQ] sur la figure à compléter//

Tableau 62: PE -Extrait 6 -S5 - Situation de formulation n°2

Ce dernier extrait permet de montrer qu'à la fin de la mise en œuvre des situations d'action et de formulation, l'enseignante n'a plus nécessairement besoin d'intervenir pour que les élèves communiquent sur la première action élémentaire à réaliser. Certains élèves la communiquent de façon très précise. Cela montre un effet positif de ses interventions sur l'émergence et le développement du schème communicatif de certains élèves.

Conclusion sur l'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence et la mobilisation du schème communicatif des élèves

Ainsi, la mise en relation du contenu des interventions des élèves avec le contenu des interventions de l'enseignante permet de montrer que ces dernières ont eu un impact positif sur le développement du schème communicatif d'au moins trois élèves suivis (Paul, Lisa, Elysa). Ce développement est initié et est à renforcer pour deux élèves (Fabien et Antoine). Enfin, l'analyse détaillée du schème communicatif de Noémie dans la partie précédente a montré que le développement des schèmes d'action est nécessaire pour observer l'émergence du schème communicatif. Les interventions menées par l'enseignante n'ont pas eu d'impact sur l'émergence du schème communicatif de Noémie.

Nous rappelons que l'analyse du schème communicatif des élèves dans la mise en œuvre des situations de formulation ne porte que sur une seule séance. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'un nombre plus important de ce type de situation serait favorable pour poursuivre et renforcer le développement du schème communicatif des élèves.

Nous poursuivons maintenant avec l'analyse de l'émergence du schème discursif des élèves. Nous commençons par une analyse globale de ce dernier. Nous analysons ensuite de façon plus détaillée l'émergence du schème discursif de deux élèves. Nous terminons par l'analyse de l'impact des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème discursif des élèves.

La présentation de notre analyse se schématise donc de la manière suivante (Figure 63) :

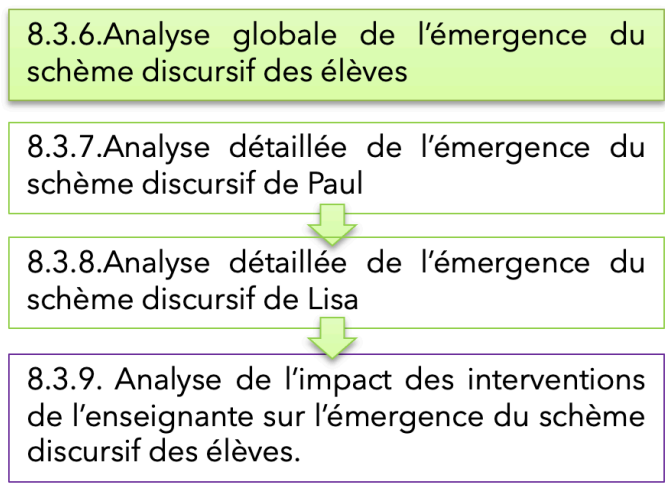


Figure 65: Suivi des étapes de nos analyses. 8.3.6-Analyse de l'émergence du schème discursif des élèves

8.3.6 Analyse globale de l'émergence du schème discursif des élèves

Notre objectif est ici de répondre à la sous-question de recherche suivante :

Quels schèmes mobilisent les élèves dans la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves dans les situations de formulation ? ($Q_{R-Elève-Exp 1B}$)

Nous cherchons maintenant à mettre en évidence l'émergence du schème discursif des élèves en identifiant les éventuelles « oppositions » réalisées par l'élève-contrôleur, le contenu de ses « oppositions » et leur acceptabilité.

Les moments « d'opposition » entre les élèves émergent à partir du moment où l'élève-contrôleur s'oppose à la proposition de l'action communiquée par l'élève-proposant. La proposition d'actions adéquates et partagées entre les élèves n'entraîne pas de moment d'opposition.

Nous rappelons à nouveau que nous n'avons mis en œuvre que deux situations de formulation (problèmes 4 et 5). De fait, chaque élève a joué le rôle du contrôleur une seule fois. Les données recueillies pour chaque élève contrôleur relèvent donc d'une seule séance et portent sur deux problèmes différents. Les transcriptions des échanges entre les élèves se trouvent dans l'Annexe 8, p.443.

Pour analyser de manière globale l'émergence du schème discursif des élèves, nous avons suivi notre méthodologie explicitée en 4.1.3.

Nous présentons tout d'abord le tableau général (Tableau 63) complété pour les 6 élèves suivis :

Problème / élève		Stade 1				Stade 2				Stade 4	
		Dis1 -AE1 AE2	Dis1- Aide com AE1	Dis1- cont- comA E1	Dis1- cont- comA E2	Dis2- <i>incomp- spatiale</i>	Dis2. Prise position- explicite- Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2- 3- contr- info- géom	Dis4- RA	Dis4- C
S4-Pb4	P	(1)		1	2	3	4	2	3	3	2
S4-Pb4	A	4	4	2				4			
S4-Pb4	N					1					
S5-Pb5	E					5			1		
S5-Pb5	F			4		1					
S5-Pb5	L		2	3	2	6	3	1		1	

Tableau 63: Tableau de l'analyse globale de l'émergence du schème discursif des élèves

Nous analysons l'émergence du schème discursif des élèves à partir de ce tableau, en nous appuyant sur les différents « stades d'un dialogue argumentatif ».

Concernant le « premier stade : une proposition », le tableau complété permet de constater que les élèves-contrôleurs font fréquemment contrôler leur compréhension des informations communiquées pour positionner la règle. (S5-L10-Fabien : « ce côté-là ? » ; S5-23-Lisa : « Sur lequel ? Sur lui ? » S4-05-Antoine : « Comme ça ? »). Plus ponctuellement, certaines interventions d'élèves contrôleurs portent sur l'aide à la communication. (S4-09- Antoine : « Si tu veux qu'on fait celui-là, ben tu me dis : tu mets ta règle sur ce trait-là. » ; S5-07-Lisa : Lequel ? Tu dois me dire : tu poses ta règle sur... Alors je pose ma règle sur quoi ? Sur ça ? Comme ça ? Montre ! »).

Nous retrouvons ici l'effet de deux types d'interventions de l'enseignante sur les interventions des élèves contrôleurs : des interventions du type Cont-Com3-AE1 et des interventions du type Com3-AE1.

Concernant le « deuxième stade : une opposition », le tableau montre la présence d'un grand nombre de contradictions spatiales (Elysa, Lisa). Certaines font suite aux difficultés relevées dans les interventions de l'enseignante. On retrouve en effet l'interdiction de toucher la figure modèle chez trois élèves. (S5-33-Lisa : « tu n'as pas le droit de toucher » ; S5-03-05-Elysa : « tu n'as pas le droit de toucher » ; S4-Antoine-03 : « Hé, tu n'as pas le droit de toucher »). Tout comme pour l'enseignante, cela a entraîné la proposition d'indications spatiales et les moments d'incompréhension entre les élèves observés. (S5-15-Noémie : « Heu droit hein, tu recules un p'tit peu » ; S4-Fabien-04 : « donc j'aurais dit que tu mets ta règle comme ça : //montre la direction en plaçant sa règle verticalement devant lui, la direction souhaitée// » Par ailleurs, d'autres contradictions spatiales ne sont pas justifiées. Par exemple, à la suite de la communication de Paul : « Alors tu mets

ta règle sur le segment ici : //montre le segment [GC'] avec son doigt// » (S5-13-Paul), Elysa pose sa règle en dessous du segment indiqué (S5-Elysa-14).

L'analyse de certains de ces moments permet donc de rendre compte de difficultés de compréhension du jeu du contrôleur. Ces dernières sont en relation avec celles relevées chez l'enseignante.

Concernant le « deuxième stade : une opposition » et le « stade 4 : des arguments », nous rappelons tout d'abord le fait que la présence d'oppositions dépend de la communication d'actions instrumentées inadéquates. Si l'élève-proposant communique correctement les actions à réaliser et que celles-ci sont adéquates, il ne peut y avoir d'opposition.

Le tableau 63 complété permet d'identifier que deux élèves (Paul et Lisa) sur les six élèves suivis ont pris explicitement position sur l'adéquation des informations communiquées. Nous pouvons constater dans les colonnes qui suivent (stades 2 et 4) que cela entraîne la présence de moments d'opposition avec proposition de arguments susceptibles de prendre le statut d'arguments.

Conclusion sur l'émergence du schème discursif des élèves observés lors de la mise en œuvre les situations de formulation

Ainsi, la mise en œuvre du jeu du contrôleur entre élèves a permis d'observer l'émergence du schème discursif chez deux élèves lors de la mise en œuvre des « situations de formulation ». L'analyse du « deuxième stade : une opposition » montre que certains élèves-oppo-sant-contrôleur ont mal interprété les règles du jeu du contrôleur. Ils se sont davantage investis d'oppositions reposant sur des contradictions spatiales. Leurs interventions n'ont donc pas permis d'agir sur le schème communicatif des élèves-proposant, ni sur leurs schèmes d'action.

Nous poursuivons sur l'analyse du contenu des oppositions des deux élèves-oppo-sant-contrôleur chez qui nous avons observé une certaine émergence de leur schème discursif.

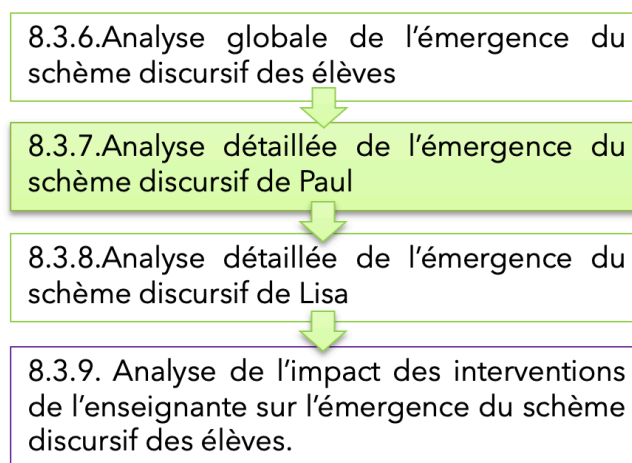


Figure 66: Suivi des étapes de nos analyses de l'émergence du schème discursif des élèves. 8.3.7. Analyse du schème discursif de Paul

8.3.7 Analyse détaillée de l'émergence du schème discursif de Paul

Nous commençons par analyser l'émergence du schème discursif d'un premier élève : Paul. L'analyse rend compte de la première « situation de formulation ». Elysa a le rôle d'élève-proposant et Paul le rôle d'élève-opposant -contrôleur. Les actions instrumentées communiquées par Elysa visent la restauration de la figure suivante :

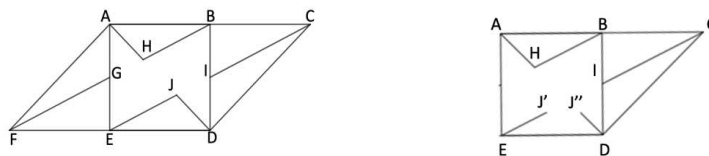

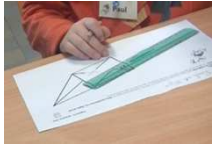
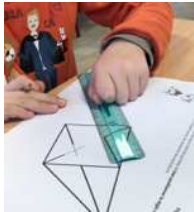



Figure 67: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1

Dans cet épisode, le point J vient d'être restauré. Elysa communique ici l'action de tracer le segment [AF] en sélectionnant uniquement le point A pour positionner la règle. Nous présentons ci-dessous l'extrait avant de l'analyser (Tableau 64). Nous indiquons par la couleur verte les oppositions menées par l'élève-contrôleur Paul.

16	E :	Maintenant tu mets ta règle sur ce point ://pointe le point A//.		Elysa Élève-Proposant Com3-AE1	Paul Élève-Opp Contrôleur
				LT+Gd	
17	P :	//Positionne sa règle sur le point A, dans une direction contradictoire à celle du segment [AF]//.			Dis2- Com3- contr-info- géom
18	E :	//Reprend sa figure modèle, la regarde, la pose sur sa table ; parcourt du doigt le segment [AF] et dit à Paul:// Tu mets ta règle comme si tu descendais.		Com3-AE1 LC	
19	P :	Comme ça ? //Positionne à nouveau sa règle sur le point A, toujours dans une direction contradictoire//			Dis2- Com3- contr-info- géom
20	E :	Non, dans l'autre sens.		Com3-AE1 LC	
21	P :	Moi, je suis pas trop d'accord.			Dis2- Prise- position- valid

- 22 E : C'est dans l'autre sens ta règle Com3-AE1 -
LC
- 23 P : **Moi, je suis pas trop d'accord** avec comment tu fais. Dis2-
Prise-
position-
valid
- 24 P : **Je préfère faire comme ça**
//positionne sa règle sur le segment [ED]//  Dis4-RA
- 25 E Ben si tu veux, après **tu traces**. Com3-AE2-t
Tableau 64: Extrait 6 -S4 - Situation de formulation n°1 - Binôme B1 (Paul et Elysa)

Dans cet extrait, nous pouvons constater que les premières oppositions de Paul se situent dans l'action, elles sont du type Dis2-Com3.contr-info-géom. En effet, Paul positionne à deux reprises sa règle sur le point A mais dans une direction contradictoire à celle du segment [AF] manquant (L17 et L19). Elysa réajuste ses instructions par des indications spatiales. Paul exprime alors explicitement deux oppositions de type Dis2.prise-position-valid-doute (L21 et L23). Il propose alors à Elysa un autre but à atteindre en positionnant sa règle sur le segment [ED] (L24). Elysa accepte sa proposition.

Les oppositions proposées par Paul (L17 et L19) reposent sur son schème d'action S2.relier-sommets. Nous pouvons faire l'hypothèse que Paul identifie que deux points.sommets sont à mettre en relation avec la règle pour représenter adéquatement le segment [AF]. Sa proposition d'action plus adéquate repose sur son schème d'action S4.reproduire-alignement. Nous pouvons faire ici l'hypothèse que Paul identifie qu'un segment doit être mis en relation avec la règle pour représenter adéquatement un segment. L'extrait que nous analysons ci-dessous va confirmer nos deux hypothèses (Tableau 65). Elle va montrer que la proposition d'une autre action par Paul repose sur le sous-but qu'il poursuit : représenter le point F comme intersection de deux lignes droites.

Ainsi, les oppositions de Paul sont fondées sur ses schèmes d'actions. Le fait de positionner la règle sur un segment peut être considéré comme un argument mis en œuvre dans l'action pour lui donner raison. En effet, les situations d'action ont permis d'institutionnaliser que deux segments pouvaient être alignés. Cette institutionnalisation a été mise en relation avec le fait que positionner la règle sur un segment aligné avec celui cherché permettait de réussir avec certitude la restauration du segment cherché. Pour nous, Paul montre donc en acte sur quel segment positionner la règle pour représenter le segment cherché de façon adéquate. Nous pouvons donc lui donner le statut de preuve. Cet argument repose sur une règle d'action acceptée et partagée (institutionnalisée) au sein de la classe. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'Elysa accepte sa proposition (L25) parce qu'elle dispose du schème S3.prolonger. Elle identifie que positionner la règle

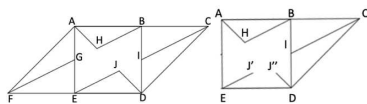
sur un segment permet de le prolonger pour représenter adéquatement un autre segment.


Suite au prolongement du segment [ED] proposé par Paul, Elysa propose à nouveau de positionner la règle sur le seul point A pour restaurer le segment [AF]. Paul va alors mener de nouvelles oppositions.




Nous présentons ci-dessous l'extrait avant de l'analyser (Tableau 65) :

Dans nos transcriptions, nous rappelons que nous utilisons la couleur :

- rouge pour l'usage du langage géométrique
- orange pour l'usage du langage courant
- bleue pour l'usage du langage technique
- verte pour marquer les oppositions et arguments produits par l'élève-contrôleur-traceur



- | | | | | |
|----|---|--|--|---|
| 34 | E : Après tu mets ta règle sur le point-là :
//pointe le point A avec son doigt//. |  | Elysa
Élève-
Proposant
Com3-AE1

LT | Paul
Élève
Contrôleur |
| 35 | P : Humm //regarde la figure modèle//
Pas trop pas trop d'accord, pas trop trop d'accord.
Je ferai pas ça <u>en premier</u> . | | | Dis2-Prise-
position-
valid/doute |
| 36 | P : Moi je préfère faire celui-là :
//positionne le bord droit de sa règle sur le segment [BH]//. |  | | Dis4-Com6-
RA-AE1 |
| 37 | E : //repositionne la règle de Paul sur le point A// |  | Com3-AE1 | |
| 38 | P : Non tu ne peux pas faire ça. |  | | Dis2-Prise-
position-
valid/doute |
| 39 | E : (poursuit) <u>Et après</u> tu traces jusqu'au trait. | | Com3-
AE2t+z
LC | |
| 40 | P : //Positionne sa règle sur le point A// | | | |
| 41 | E : <u>Et maintenant</u> tu traces, et tu t'arrêtes à la ligne. | | Com3-
AE2t+z
LC | |
| 42 | P : T'es sûre hein ? | | | Dis2-Doute |
| 43 | E : Oui. | | | |
| 44 | P : T'es très sûre ?
<u>parce que</u> on sait pas combien ça fait. | | | Dis2-Doute
Dis4-C |

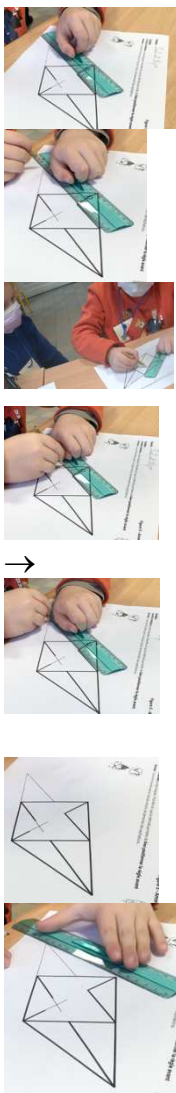
- 45 P : **Moi je préfère** faire comme ça plutôt hein :
//positionne sa règle sur le segment [BH]
aligné avec le segment [GF] cherché//
- 46 P : Comme ça, **je sais où je l'arrête**
//pointe le point d'intersection à venir F avec
son crayon//
- 47 P : **Parce que** là il y a un segment : //parcourt
le segment [BH] avec son crayon//
- 48 P : //positionne sa règle sur le segment [BH] et
trace le segment [GF] à partir de G//
- 49 E : (observe sans rien dire)
- 50 P : Maintenant je peux tracer ici
//positionne sa règle sur les deux points A et
F//
- 
- Dis4-Com6-RA-AE1
- Dis4-Com6C-AE2
- Dis4-Com6-RA-AE1
- Dis1-AE1
Dis1-AE2
- Dis4-Com6-RA-AE1

Tableau 65: Extrait 7 -S4 - Situation de formulation n°1 - Binôme B1 (Paul et Elysa)

Dans cet extrait, nous pouvons constater que Paul exprime tout de suite une opposition du type Dis2-Prise-position-valid/doute (L35). Il verbalise un argument en relation avec la planification des actions (Dis2-plani), et propose un autre sous-but à atteindre en positionnant sa règle sur le segment [BH]. Elysa repositionne alors la règle sur le point A (L37) et poursuit en donnant l'indication de tracer (L39). Paul verbalise à nouveau explicitement une opposition du type Dis2-Prise-position-valid/doute concernant la proposition d'Elysa (L38). Il l'engage à vérifier la certitude de sa proposition à deux reprises. Devant la certitude d'Elysa, Paul propose alors plusieurs arguments pour lui donner raison. Il indique tout d'abord deux arguments de type Dis4-Com6_C en lien avec le concept de point : « parce qu'on ne sait pas combien ça fait » (L44). Il propose à nouveau un argument du type Dis4-Com6_RA : il positionne sa règle sur le segment [BH] et étaye cette fois-ci sa proposition en indiquant : « comme ça, je sais où je m'arrête », tout en parcourant

le prolongement du segment [BH] et en montrant le point d'intersection à venir (L46).

Les arguments proposés par Paul sont du type Dis4-Com6-C. Ils reposent sur les concepts de point et d'alignement de segments. Paul commence par verbaliser explicitement sur la zone d'arrêt du tracé du segment [AF]. Paul mobilise ensuite un argument de type Dis4-_{RA}. Il indique : « Parce que là, il y a un segment » (47) en effectuant un geste déictique de parcours sur le segment en relation avec la règle. Il poursuit en traçant effectivement le segment [GF]. L'argument proposé par Paul repose sur son schème d'action S4-_{reproduire-alignement}. Il identifie que positionner la règle sur un segment aligné à celui cherché permet de tracer la direction de ce segment de manière adéquate. Paul montre ainsi à Elysa que le point-_{sommet} F se définit comme point d'intersection des lignes droites [DE] et [BH]. Il conclut en montrant à Elysa qu'il est alors possible de tracer le segment [AF] : « Maintenant, je peux tracer ici », en positionnant sa règle sur les deux points A et F (L50). Il mobilise alors son schème S2-_{relier-sommets}.

Nous pouvons noter que cette fois-ci, Elysa n'accepte pas explicitement la proposition de Paul. Les actions communiquées préalablement par Elysa montrent qu'elle ne semble pas maîtriser les schèmes S4-_{reproduire-alignement} et S2-_{relier-sommets}. Elle ne partage donc pas les mêmes connaissances que Paul.

Conclusion sur l'émergence du schème discursif de Paul

Ainsi, nous pouvons identifier une certaine émergence du schème discursif de Paul. Paul intervient spontanément sur le « deuxième stade : une opposition » en marquant clairement sa prise de position sur l'adéquation des informations communiquées pour positionner la règle. Paul intervient également spontanément sur le « quatrième stade : des arguments ». En effet, Paul produit un enchaînement d'arguments fondés sur ses connaissances sur le concept de point, segment, d'alignement de segments et sur les schèmes d'action qu'il a développés.

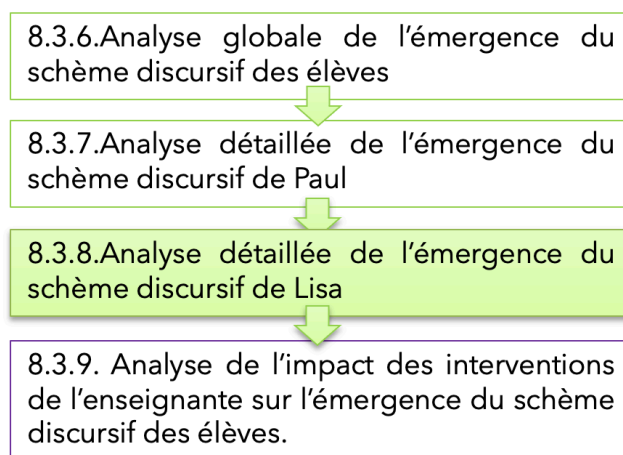


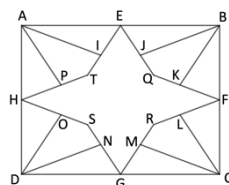
Figure 68: Suivi des étapes de nos analyses- 8.3.8 - Analyse de l'émergence du schème discursif de Lisa

8.3.8 Analyse détaillée de l'émergence du schème discursif de Lisa

Nous poursuivons avec l'analyse de l'émergence du schème discursif de la deuxième élève : Lisa. L'analyse rend compte de la deuxième « situation de formulation ». Noémie a le rôle d'élève-proposant et Lisa a le rôle d'élève-opposant-contrôleur.

Les actions instrumentées communiquées par Noémie visent la restauration de la figure suivante :

Figure 6 :



Amorce :

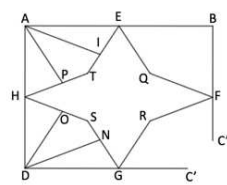
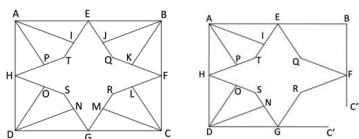


Figure 69: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2

Dans cet épisode, le but de Noémie est de communiquer sur l'action de tracer le segment [KB]. Comme nous l'avons vu dans l'analyse de son schème communicatif, l'attention de Noémie est portée sur la deuxième action élémentaire composant une action instrumentée : l'action de tracer. Elle montre donc les segments à tracer et ne communique pas sur les relations existantes entre les segments donnés sur la figure et les segments cherchés. Pour le dire autrement : elle ne communique pas sur les informations à sélectionner pour positionner la règle adéquatement pour restaurer les segments manquants.

La binôme de Noémie, Lisa, dans le rôle d'élève-opposant-contrôleur va tout d'abord commencer par proposer une aide à la communication des actions (L07) et des contradictions spatiales (L15, 17, 19, 21). Mais cela ne va pas permettre à Noémie d'ajuster le contenu de sa communication. De fait, Lisa va réaliser une opposition.

Nous présentons ici l'extrait correspondant (Tableau 66):



41 N : Tu fais ce trait, comme ça : //parcourt le segment [KB] du doigt, en aller-retour//.



Noémie
Elève-
proposant

Lisa
Elève-
opposant-
contrôleur

Com4-AE2-t

42 L : Oui, mais je suis pas d'accord.

Dis2-prise
position
valid/doute

43 N : Pourquoi ?

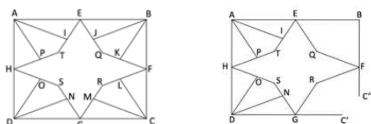
Dis3Q

- 44 N : Parce que.
- 45 L : Regarde il y a un trait //montre à nouveau le segment [KB] avec la règle// Dis4
- 46 L : Je ne suis pas d'accord. Dis2-prise position valid/doute
- 47 N : Mais pourquoi, pourquoi tu n'es pas d'accord ? Dis3Q
Parce qu'il faut faire un autre trait avant ? Dis2-planif

Tableau 66: Extrait 8 -S5 - Situation de formulation n°2 - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Nous pouvons constater que Lisa verbalise une opposition du type Dis2_{-prise-position-valid/doute} mais sans proposer d'argument de type Dis4_{-RA} ou Dis4_{-C} susceptible d'appuyer sa prise de position, de lui donner raison. Cela conduit Noémie à poser une question du type Dis3Q (L43) : Noémie pose une question pour engager Lisa à indiquer pourquoi elle n'est pas d'accord. Mais Lisa ne propose pas d'argument. Noémie propose alors d'elle-même un argument susceptible d'être la raison du désaccord de Lisa : elle l'interroge sur la planification de ses actions (Dis2_{-plani} (L47))

Devant l'absence de réponse de Lisa, Noémie modifie son but et poursuit sur la communication de la restauration d'un autre segment : le segment [MC]. Nous présentons cet extrait ci-dessous. L'enseignante va ici intervenir pour demander à Lisa la raison de son désaccord. Elle intervient ensuite auprès de Noémie pour l'aider à communiquer l'information que Lisa doit sélectionner pour positionner la règle :



Noémie Élève-Proposant
Lisa Élève-Contrôleur

- 48 N : //Positionne sa règle sur le segment [MC]//



Change de décision

- 49 N : Voilà, fais ce trait : //parcourt le segment [MC] avec son doigt //



Com1-but

- 50 L : Pas d'accord

Dis2-prise position valid

- 51 PE : Pourquoi tu n'es pas d'accord ?

Dis3Q-PE

- 52 L : Parce que elle me dit pas ce trait là aussi, elle me dit pas de faire aussi lui en même temps //montre le segment [HS]//

Dis4-RA

53 N : Mais je montre ça regarde, lui tu le fais pas : //pointe le segment déjà là [HS]//



Com1-but



54 PE : Dis-lui sur quoi elle doit poser sa règle, explique bien, montre avec ton doigt

55 N : Sur ça : //parcourt le segment [HS]//



Com3-
AE1
LC

56 PE : Ça s'appelle comment ?

57 Un trait, sur le trait

LC

Tableau 67: Extrait 9 -S5 - Situation de formulation n°2 - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Nous pouvons constater au début de cet extrait que Noémie communique à nouveau sur le segment à tracer (L49). Elle ne communique pas sur le segment à sélectionner pour positionner la règle, c'est-à-dire sur le segment aligné avec celui recherché. Lisa verbalise à nouveau explicitement une opposition du type Dis2_{-prise-position-valid/doute} (L50). L'enseignante intervient et pose une question du type Dis3Q, elle lui demande pourquoi elle n'est pas d'accord. Lisa indique alors un argument de type Dis4_{-RA} qui nous permet de saisir qu'elle cherche à faire comprendre à Noémie qu'elle doit lui indiquer sur quel segment positionner la règle. L'intervention qui suit de Noémie (L53) confirme qu'elle n'a pas conscience de l'importance de communiquer à ce propos. L'enseignante intervient alors à nouveau pour lui indiquer de dire sur quoi Lisa doit positionner la règle (L54). Noémie parvient alors à se faire comprendre dans la communication de l'action instrumentée à réaliser.

Dans l'épisode qui suit, la communication de Noémie porte à nouveau sur le segment à réaliser (L61). Lisa va alors proposer deux oppositions. La première met en doute la proposition de Noémie. Cela l'amène à communiquer sur l'information à sélectionner pour positionner la règle.

La deuxième opposition proposée par Lisa conduit Noémie à contrôler le positionnement de la règle réalisé par Lisa. Nous présentons l'extrait ci-dessous (Tableau 68) :

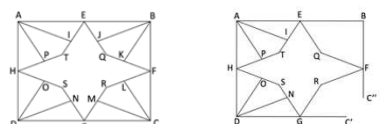




			Noémie Élève- Proposant	Lisa Élève Contrôleur
				
61	N :	Maintenant tu fais ce trait-là : //positionne sa règle, montre celui qui manque//.		Com1-but
62	L :	Ok, je positionne au hasard ?		Dis2-Doute
63	N :	Non sur ce trait // pointe le segment déjà là [EQ]//		Com3- AE1 LC
64	N :	//décale sa règle et parcourt du doigt le segment [EQ]// : sur ce trait, Et après tu traces ce trait. (répète) sur le trait.		Com3- AE1 LC Com4- AE2-t
		→		Com3- AE1 LC
65	L :	D'accord //positionne sa règle à côté du segment [EQ]//		Dis2- incomp- spatiale
66	N :	Non sur le trait, là tu n'es pas sur le trait.		Com5- cont AE1

Tableau 68: Extrait 9 -S5 - Situation de formulation n°2 - Binôme B3 (Lisa et Noémie)

Nous identifions donc que Lisa propose une opposition du type Dis2-prise-position-valid-doute. Elle met en doute la proposition de Noémie (L62). Noémie reprend et communique alors sur le segment à sélectionner (L64). Alors que l'information communiquée est correcte, Lisa propose une opposition du type Dis2-incomp-spatiale (L65). Celle-ci n'est pas justifiée au regard de l'information communiquée par Noémie. Toutefois, cela permet d'observer Noémie réaliser un contrôle sur l'action réalisée par Lisa et d'indiquer nouveau le segment sur lequel positionner la règle.

Conclusion sur l'émergence du schème discursif de Lisa

Ainsi, nous identifions une certaine émergence du schème discursif chez Lisa. Son schème est moins développé que celui de Paul. Lisa intervient sur le « deuxième stade : une opposition ». Elle prend position sur l'adéquation des informations communiquées pour positionner la règle, et de marquer son opposition quant à la proposition d'une action instrumentée. En revanche, elle intervient peu sur le « quatrième stade : des arguments ». Elle accompagne peu son opposition d'arguments susceptibles d'aider Noémie à comprendre les raisons de son désaccord. L'argument qu'elle propose à l'enseignante : « positionner la règle sur un segment », montre pourtant que ses oppositions sont fondées sur ses connaissances associées aux schèmes d'action S4_{-reproduire-alignement} et S3_{-prolonger}.

Nous venons d'analyser l'émergence du schème discursif des élèves, de manière globale pour les six élèves suivis et de manière détaillée pour deux élèves. Nous allons analyser maintenant la relation entre les interventions de l'enseignante (caractérisées dans la partie 8.2.5.3.2) et l'émergence du schème discursif des élèves.

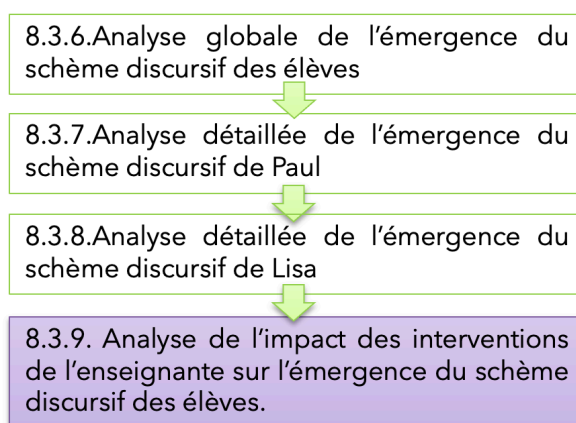


Figure 70: Suivi des étapes de nos analyses- 8.3.9 - Analyse de l'impact de contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème discursif des élèves

8.3.9 Analyse de l'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème discursif des élèves

Pour effectuer cette analyse, nous adoptons la même démarche que pour l'analyse de l'impact des interventions de l'enseignante sur le développement du schème communicatif des élèves. Nous rappelons la caractérisation du contenu de l'intervention de l'enseignante que nous avons présentée dans la partie 8.2.5.e Nous insérons les exemples déjà explicités dans la première colonne des tableaux 69 à 73 ci-dessous. Nous insérons alors dans la deuxième colonne certaines

interventions des élèves dont le contenu est en relation avec celui de l'enseignante. Nous prenons appui sur le tableau d'analyse de l'émergence du schème discursif des élèves que nous avons réalisé (Tableau 63) pour identifier les contenus d'interventions des élèves similaires à ceux de l'enseignante. Nous retrouvons ensuite les extraits correspondant dans les transcriptions (Annexe 8, p.443).

« Deuxième stade 2 : une opposition »

→ Rappel du contenu de l'intervention du type Dis2-Plani :

Clarifie les buts et les sous-buts à poursuivre pour restaurer une figure.

A : Positionne la règle sur l'information communiquée par l'élève. Propose une rétroaction verbale sur la planification des buts poursuivis.

B : Fait expliciter et/ou donne des indications langagières et gestuelles sur le concept de point pour clarifier le sous-but à atteindre.

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
A	« Est-ce qu'on peut le faire tout de suite ? » (S2-PE : L100) ; « Est ce qu'on peut tracer celui-là en premier ? (S3-PE : L22) ; « Qu'est ce qui ne va pas ? » (S2-PE : L121) ; « Pourquoi on ne peut pas ? » (S3-PE : L24).	« Je ferais pas ça en premier » (S4-Paul : L36) « Parce qu'il faut faire un autre trait avant ? » (S5-Noémie : L47 en tant qu'élève-proposant)
B	« Il faut faire un point d'intersection mais là on ne l'a pas. Il faut le trouver d'abord pour relier les deux points » (S3-PE : L93).	« D'abord tu fais celui-là : //pointe le point H//. Et après ce qui est en trop tu peux le gommer. Et après tu pourras bien relier ce trait-là » (S4-Fabien : L72-74)

Tableau 69: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 1

Nous pouvons noter que certains élèves interviennent pour exposer leur prise de position ou pour faire part de leur questionnement sur le but poursuivi et les anticipations à prévoir. D'autres explicitent clairement les sous-buts à atteindre avant de poursuivre un autre but. Dans les exemples cités, Paul indique qu'il ne tracerait pas le segment indiqué par sa binôme en premier, car il a identifié qu'il manque un des points situé à l'extrémité du segment. Fabien, quant à lui, explicite clairement qu'un point est d'abord à représenter avant de pouvoir représenter un segment par l'action de relier deux points. Il mobilise des termes qui marquent la temporalité des différentes actions instrumentées à réaliser.

→ Rappel du contenu de l'intervention du type Dis2-Com3-contr-info-géom :

Favorise la prise de conscience que l'action indiquée entraîne un effet contradictoire par rapport à l'effet attendu. Oriente l'attention des élèves sur les conditions de l'adéquation de l'action indiquée.

A : Propose une rétroaction gestuelle et langagière sur le positionnement de la règle communiqué (la positionne dans une direction contradictoire à celle du segment cherché) pour attirer l'attention sur les conditions nécessaires à l'adéquation de l'action (la mise en relation des informations à sélectionner pour positionner la règle avec les propriétés du segment ou du point à représenter).

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
A	« Comme ça ? : // positionne la règle sur un seul point et dans une direction contradictoire à celle du segment cherché // » (S3-PE : L78).	« Comme ça ? : //positionne la règle sur le point A, volontairement dans une direction contradictoire à celle du segment cherché// » (S4-Paul : L17 ;19)

Tableau 70: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 2

Nous identifions ici que Paul mobilise la même expression langagière et la même contradiction géométrique avec sa règle que l'enseignante.

→ Rappel du contenu de l'intervention du type Dis2-Méd-Valid :

- Engage les élèves à vérifier l'adéquation des informations sélectionnées pour conduire l'action proposée.

A : Met en doute la proposition.

B : Engage les élèves à prendre position sur la validation de l'action proposée.

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
A	Pose une question du type : « Alors je positionne ma règle au hasard ? » (S3-131).	« Ok, je positionne au hasard ? » (S5-Lisa : L62)
B	Pose des questions du type : « Vous êtes d'accord ? » (S2-PE : L113,115)	« Oui mais je suis pas d'accord. » (S5-Lisa : L42) « Je ne suis pas d'accord » (S5-Lisa : L46) « Pas d'accord » (S5-Lisa : L50) « Moi je suis pas trop d'accord. » (S4-Paul : L21) « Moi je suis pas trop d'accord avec comment tu fais. » (S4-Paul : L23) « Pas trop trop d'accord, pas trop trop d'accord. » (S4-Paul : L35)
	« Vous êtes sûrs ? (PE-S3 : L121).	« T'es sûre hein ? » (S4-Paul : L42) « T'es très sûre ? parce qu'on sait pas combien ça fait. » (S4-Paul : L44)

Tableau 71: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 3

Nous pouvons noter ici que les élèves-contrôleurs mettent en doute la proposition d'action instrumentée ou prennent explicitement position sur la proposition d'action instrumentée, et ce de manière spontanée.

« Troisième stade 3 : une question »

→ Rappel du contenu de l'intervention du type Dis3-Q

- Ouvre la discussion sur la validation. Engage les élèves à expliciter des arguments susceptibles de valider ou non l'adéquation des informations communiquées pour conduire la première action élémentaire.

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
	« Pourquoi vous n'êtes pas d'accord ? »	« Mais pourquoi, pourquoi tu n'es pas d'accord ? » (S5-Noémie : L47) (Noémie dans le rôle d'élève-proposant)
	Pourquoi je ne peux pas tracer un segment comme ça ? » (S3-PE : L82).	« Non tu ne peux pas faire ça. » (S4-Paul : L38)

Tableau 72: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 4

Nous identifions ici que Noémie pose une question pour ouvrir la discussion sur les raisons du désaccord de l'élève contrôleur. Quant à Paul, la suite des échanges montre qu'il ouvre la discussion sur le fait qu'il n'est pas possible de représenter un segment à partir de la donnée d'une seule de ses extrémités.

« Quatrième stade 4 : des arguments »

Les tableaux complétés pour l'analyse permettent de caractériser l'intervention Dis4A de la manière suivante :

- Installe un contrat didactique favorable à la validation : fait vérifier les arguments proposés par les élèves sur la figure modèle.
- Donne des indications gestuelles et verbales pour soutenir l'explicitation de la pensée de l'élève. Par exemple, positionner la règle sur le segment indiqué sur la figure modèle et inviter à explorer la figure modèle, à identifier l'information pertinente communiquée :

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves-contrôleurs
A	« Alors pourquoi tu veux poser ta règle sur ce trait-là ? » (S2-PE :L135) ;	« Moi je préfère faire comme ça plutôt hein : //positionne la règle sur le segment [BH] aligné avec le segment [GH] cherché// Comme ça je sais où je l'arrête : //pointe le point d'intersection F à venir// Parce que là il y a un segment : //parcourt le segment [BH] avec son crayon//. » (S4-Paul-L45-46-47)

Tableau 73: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 5

Nous identifions ici le lien entre le questionnement mené par l'enseignante et la proposition des arguments par Paul. Ce dernier propose ici plusieurs arguments pour montrer pourquoi la sélection du segment qu'il a identifié permet de représenter le point_{-sommets} cherché. Ces arguments reposent sur le développement de son schème d'action S4_{-reproduire-alignement}. Il positionne sa règle sur le segment aligné avec le segment cherché. Il verbalise alors un premier argument qui porte sur le concept de point. En effet, nous pouvons supposer qu'implicitement, il indique que le point d'intersection obtenu permet d'identifier où se situe le point situé à l'extrémité du segment cherché. Il verbalise un autre argument qui repose sur la règle d'action associée au schème d'action S4_{-reproduire-alignement}.

Conclusion sur l'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence et le développement du schème discursif des élèves

Ainsi, nous identifions également ici des contenus similaires entre le contenu des interventions de l'enseignante et le contenu des interventions de certains élèves. Nous identifions aussi des liens entre les questionnements menés et les arguments verbalisés par les élèves. Il s'agit essentiellement des deux élèves (Paul et Lisa) chez qui nous avons observé le développement du schème discursif dans la mise en œuvre des situations de formulation. Nous pouvons néanmoins noter que les oppositions de Lisa ont permis d'observer Noémie se questionner sur les raisons de son désaccord. Certaines interventions de l'enseignante ont donc eu un effet positif sur l'émergence du schème discursif de certains élèves.

Cet effet n'est pas observé chez tous les élèves. Pour nous, l'analyse montre que plusieurs conditions sont nécessaires pour observer le développement du schème discursif :

- L'action instrumentée proposée par l'élève-proposant doit être inadéquate. En effet, si l'action instrumentée proposée est adéquate et communiquée correctement, l'élève-contrôleur n'a pas besoin de mettre en œuvre une opposition.
- Les schèmes d'action de l'élève-contrôleur doivent être suffisamment développés pour qu'il puisse mobiliser les connaissances et compétences nécessaires au contrôle des actions instrumentées communiquées.
- Le schème communicatif de l'élève-contrôleur doit également être développé pour qu'il puisse mettre en œuvre des contradictions géométriques dans l'action et verbaliser des arguments susceptibles d'appuyer son opposition.
- La règle du jeu du contrôleur nécessite d'être correctement interprétée par les élèves. En effet, nous avons également identifié dans le contenu des interventions des élèves l'effet des contradictions spatiales mises en œuvre par l'enseignante. Ce type d'interventions a un effet négatif sur la compréhension de la communication des actions instrumentées. Ce type d'intervention a également été

identifié chez les élèves. Des enchaînements de moments d'incompréhension entre les élèves ont ainsi été observés, ce qui a éloigné les élèves des objectifs visés par le jeu du contrôleur entre élèves. Nous indiquons dans le tableau 74 ci-dessous quelques exemples d'incompréhension :

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
A	« Tu n'as pas le droit de toucher, tu dois me dire comment je fais » (S3-PE : L28, élève-proposant : Antoine)	« Hé, tu n'as pas le droit de toucher » (S4-Antoine : L03) « Non tu n'as pas le droit de toucher » (S5-Lisa : L33) « Tu n'as pas le droit de toucher » (S5-Elysa : L05)
B	//positionne la règle au-dessus d'un segment//	« Donc j'aurais dit que tu mets ta règle comme ça : //montre la direction du segment verticalement avec sa règle// » (S4-Fabien (binôme d'Antoine) : L04)



Tableau 74: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 6

Nous poursuivons nos analyses avec l'analyse *a posteriori* de la « situation de validation ».

8.4 Analyse *a posteriori* de la situation de validation

Notre premier objectif pour cette analyse est de mettre en évidence l'adaptation du schème communicatif des élèves dans la mise en œuvre de la « situation de validation ». Il s'agit en effet pour les élèves de généraliser les règles d'action associées aux schèmes d'action qu'ils ont développés et de communiquer par écrit à autrui. Il s'agit ici de répondre à la sous-question de recherche suivante :

Quels schèmes mobilisent les élèves pour généraliser la règle d'action d'un schème d'action dans la « situation de validation » ? ($Q_{R-Elève-Exp1C}$).

Notre second objectif pour cette analyse est de mettre en évidence la gestion de la validation de ces règles d'action par l'enseignante, ainsi que leur institutionnalisation. Il s'agit de répondre à la question de recherche suivante :

Quelles interventions mobilise l'enseignante dans la « situation de validation » lors de la gestion de la discussion et de la validation des règles d'action ? lors de l'institutionnalisation des règles d'action ? (Q_{R-PE-Exp2D}).

8.4.1 Données utilisées

Concernant les élèves, nous utilisons les transcriptions des échanges de 3 groupes d'élèves lors du moment des échanges oraux produits pour élaborer la règle d'action et sa rédaction. Nous utilisons également l'énoncé de la règle d'action écrit sur leur fiche. Ces données se trouvent dans l'Annexe 9, p.485.

Les élèves sont répartis par groupe de 3. Dans ce qui suit, nous notons chacun des groupes G1, G2 et G3. Les élèves dont le prénom est souligné font partie des 6 élèves suivis. Les groupes ont été complétés par d'autres élèves de la classe.

Groupe G1 : Paul, Fabien et Lucie.

Groupe G2 : Elysa, Antoine et Kyara

Groupe G3 : Lisa, Kenza et Maël. (Noémie absente)

Les productions des élèves se trouvent dans l'Annexe 9, p.485.

Le groupe G1 a écrit la règle d'action RA3_{-prolonger} suivante :

- G1-RA3 : « si tu as un trait, tu poses ta règle sur le trait et tu traces jusqu'au sommet »

Le groupe G2 a écrit les règles d'actions RA3_{-prolonger} et RA4_{-reproduire alignement} suivantes :

- G2-RA3 : « si tu as un trait déjà tracé, alors tu peux poser ta règle sur ce trait et tracer un trait. »
- G2-RA4 : « si tu as des segments alignés, alors tu peux les tracer et tu obtiens une figure comme par exemple un triangle ».

Le groupe 3 a écrit la règle d'action RA4_{-reproduire-alignement} suivante :

- G3-RA4 : « si tu as des segments alignés, tu poses ta règle sur le segment aligné, puis tu traces un trait ».

L'analyse du schème communicatif des élèves repose donc sur les quatre échanges produits et les quatre règles d'action écrites.

Concernant l'enseignante, nous utilisons la transcription de la gestion de la validation des règles d'action et de leur institutionnalisation. Elle se trouve dans

l'Annexe 13, p.581. Comme nous avons modifié le contenu des problèmes posés aux élèves dans la deuxième classe, nous analysons ici la gestion de la validation des deux enseignantes suivies. Nous avons en effet besoin d'analyser l'impact de la modification des problèmes sur la gestion de la validation par les enseignantes. La transcription de la gestion de la validation de la seconde enseignante se trouve dans l'Annexe 21, p.718.

8.4.2 Analyse du schème communicatif des élèves

Pour effectuer notre analyse, nous suivons la méthodologie indiquée en 4.1.2. Nous codons les transcriptions en appui sur les critères que nous avons définis. Nous complétons alors un tableau pour chacun des groupes pour rendre compte des composantes du schème communicatif mobilisé.

Les transcriptions et les tableaux d'analyse se trouvent dans l'Annexe 9, p.485.

Nous analysons conjointement le schème communicatif oral et le schème communicatif écrit à partir de l'analyse des composantes d'un schème.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles »

Nous pouvons relever des communications du type Com3-info. Les informations à sélectionner sont communiquées par tous les groupes, dans toutes les règles d'action écrites. Elles figurent aussi dans le contenu de leurs échanges oraux. Les élèves communiquent tous ici sur la donnée d'un segment, voire de la donnée d'un segment aligné avec un autre segment :

G1 : « si tu as un trait », (G1-L02-Paul).

G2 : « si tu as un trait déjà tracé », (G2-L02-Elysa) ; « si tu as des segments alignés », (G2-L30-Elysa).

G3 : « On doit poser la règle sur un trait » (G3-Kenza : L03) ; « Si on a un segment aligné » (G3-Lisa : L10).

Nous pouvons également identifier des communications du type Com3-AE1 dans les échanges de tous les groupes. On relève ici que les élèves communiquent sur la mise en relation de la règle avec un segment ou un point :

G1 : « Je pense que d'abord, il faudrait mettre la règle sur le petit point-là : //pointe le point B// ». (G1-Fabien : L14) ; « J'ai dit exactement qu'il fallait mettre la règle sur le point ici //pointe le point A//, sur le trait ici : //parcourt le segment [AB]//.

G2 : « Tu poses ta règle sur ce trait » (G2-Elysa : L04)

G3 : « on doit poser la règle sur un trait » (G3-Kenza : L03)

Certaines communications font suite à une intervention de l'enseignante. Voici le contenu de ces interventions :

G1 : « Si on a un trait, alors je pose ma règle sur quoi ? » (G1-PE : L05)

G3 : « Oui, mais là elle a dit si on a des segments alignés, alors je pose ma règle sur ? » (G3-PE : L13)

La mise en relation des informations à sélectionner avec la règle est également communiquée par écrit par les groupes 1 et 3, par le groupe 2 sur une seule des règles d'action.

Enfin, nous relevons des communications du type Com4-AE2 dans les échanges de tous les groupes. Les élèves communiquent sur le tracé à effectuer, voire la zone d'arrêt du tracé :

G1 : « Et on doit tracer jusqu'au sommet ici : //pointe le point C// (G1-Paul : L10).

G2 : « Et tu traces jusqu'à l'autre bout du trait. » (G2-Elysa : L06).

G3 : « Et après on peut tracer » (G3-Lisa : L10).

Le tracé à effectuer est également communiqué dans les règles d'action écrites par les trois groupes.

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations » :

Nous pouvons déduire de l'analyse de la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles » qu'un des buts des élèves est de représenter la direction d'un segment_{côté} de la figure en prolongeant un autre segment :

G2 : « tracer un segment », (G2-Elysa : L20)

G3 : « tu traces un trait » (G3-Lisa : L16)

Un autre but des élèves identifié dans le contenu des communications des élèves est de représenter le point situé à l'extrémité d'un segment_{côté} d'une figure par l'intersection de deux lignes droites ou de deux segments :

G1 : « faire un point d'intersection », (G1- Paul : L02) ; « un segment, il faut tracer jusqu'au sommet » (G1-Paul : L08).

Le but poursuivi est écrit dans les règles d'action des groupes 2 et 3 : « et tracer un trait » (G2) ; « puis tu traces un trait » (G3)

Concernant la « composante 3 : invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) »

Nous pouvons déduire de l'analyse des « composantes 2 et 3 » que les élèves communiquent sous forme langagière et non langagière sur les segments et les points. Ils utilisent des gestes déictiques de pointage sur les points et des gestes de parcours sur les segments désignés. Le langage identifié dans les échanges produits dans les trois groupes est à la fois du langage courant et du langage géométrique. Tous les groupes utilisent le langage technique. Par ailleurs, nous

pouvons relever qu'un même élève peut mobiliser alternativement le langage courant et le langage géométrique pour désigner un point ou un segment.

Les énoncés écrits par les élèves montrent qu'ils mobilisent tous implicitement le théorème-en-acte : « un segment est porté par une ligne droite ». En effet, ils communiquent tous sur la nécessité de positionner la règle sur un segment pour représenter la droite sur laquelle est posé le segment cherché. Les groupes 2 et 3 mobilisent également le concept d'alignement de segments : la notion d'alignement de deux segments est en effet formulée par chacun des deux groupes dans l'énoncé de la condition de la règle d'action proposée.

Conclusion de l'analyse des schèmes mobilisés par les élèves dans la « situation de validation »

Quels schèmes mobilisent les élèves pour généraliser la règle d'action d'un schème d'action dans la « situation de validation » ? ($Q_{R-Elève-Exp1C}$).

Tout d'abord, nous soulevons l'argument qu'un élève dans chaque groupe a pris la responsabilité de verbaliser la règle d'action. L'analyse des schèmes des élèves repose donc essentiellement sur les productions orales et écrites de ces trois élèves (Paul, Elysa, Lisa).

Nous avons identifié que les élèves mobilisent les schèmes d'action développés, ainsi que leur schème communicatif (oral et écrit) pour généraliser la règle d'action associée à un schème d'action. Ils utilisent à la fois du langage courant et du langage géométrique, sans erreur de désignation.

Plus particulièrement, le schème communicatif des élèves se fonde ici sur le développement des schèmes d'action $S3_{\text{-prolonger}}$ et du schème $S4_{\text{-reproduire-alignement}}$. En effet, nous pouvons relever que ces trois élèves communiquent oralement et par écrit sur les conditions nécessaires à la mise en œuvre d'une règle d'action. Ils ont en effet tous indiqué la nécessité de sélectionner un segment sur la figure. Certains ont également précisé la relation d'alignement existante entre le segment à représenter et le segment donné sur la figure. Les élèves communiquent également sur les deux actions élémentaires (AE1 et AE2) composant une action instrumentée. Nous notons néanmoins que l'enseignante est intervenue dans deux des groupes. Elle a posé des questions du type Com3-AE1 qui peuvent avoir une influence sur la présence ou non des éléments que nous venons d'indiquer.

Les schèmes d'action et le schème communicatif développés par les élèves permet donc à la majorité des règles d'action écrites d'être comprises par autrui. Certaines sont néanmoins à préciser. Nous en déduisons que le schème communicatif des élèves poursuit son développement. Il nécessite d'être enrichi au niveau du langage utilisé.

8.4.3 Analyse de la gestion par la première enseignante de la validation des énoncés des règles d'actions produits par les élèves

Pour effectuer notre analyse, nous suivons la méthodologie indiquée en 4.2.1 et 4.2.2 Nous codons la transcription de la gestion par l'enseignante de la validation des règles d'action en appui sur les critères que nous avons définis. Les transcriptions se trouvent dans l'Annexe 13, p.581.

Le tableau 75 ci-dessous rend compte de l'analyse des interventions de la première enseignante :

PE n°1	Stade 1					Stade 2	Stade 3	Stade 3	Stade 4	
	Dis 1					Dis 2	Dis 3		Dis 4	
	Com3- cont-info	Com 3- cont- AE1	Com 4- cont- AE2- but	Dis1- compare- écrits	Incompré hension écrits	Dis2-méd- valid Êtes-vous d'accord ?	Dis3Q Pourquoi vous êtes d'accord ?	Dis3-Q Est-ce que c'est vrai ? Vérifier que c'est vrai, que ça marche- Tester	Com3- cont-info RA figure modèle/à compléter	Com4- cont-but-C- figure modèle/à compléter
Ep 1	2	3	1	2	0	1	1			
Lignes :	10-30	22- 25-26	25	15-18- 22		28	20			
Ep 2	2	1	1	4	0	1	1			
Lignes :	63-67	54-67	54-67	44-54- 57-61		57 67	59			
Ep 3	3	6	0	0	2	4	0			
Lignes :	83 98 114	76-88 100- 103- 114- 118- 120			97 130	77 86 112 118				
Total :	7	11	2	6	2	6	2	0	0	0

Tableau 75: Analyse du contenu des interventions de la première enseignante lors de la gestion de la validation par les élèves des énoncés des règles d'action proposées - Situation de validation

Nous présentons notre analyse en prenant appui sur le contenu du tableau 75 et sur des extraits de la transcription codée de la gestion de la validation (Annexe 13, p.581).

Concernant le « premier stade : une proposition » : l'enseignante invite des groupes d'élèves à lire leur proposition de règle d'action devant le groupe classe. Elle organise le contrôle des informations indiquées, de l'action élémentaire associée au positionnement de la règle sur les informations sélectionnées, et le but poursuivi.

Elle pose tout d'abord une question pour orienter l'attention du groupe classe sur les conditions de la règle d'action proposées, c'est-à-dire sur les informations à identifier sur la figure à compléter pour conduire l'action proposée.

Exemples : : « Alors quelle est leur condition ? » (Ep1-L10-PE1) ; « Qui a la même condition qu'Antoine ? » (Ep1-L15-PE1) ; « Personne n'a mis cette condition là avec

2 points ? » (Ep2-PE1-44) ; « Est-ce qu'il y a quelqu'un qui a la même condition qu'Elya ? » (Ep3-PE1-83).

L'enseignante organise alors la comparaison de la première action élémentaire proposée par les différents groupes. Elle pose une question du type Dis1-comparaison. Exemples : « Est-ce que dans le groupe d'Antoine, vous avez dit où est ce qu'on met la règle ? Sur quoi on met la règle ? » (Ep1-L22-PE1) ; « Est-ce qu'on a bien l'endroit où est ce qu'on doit placer la règle ? » (Ep3-L88-PE1).

La comparaison précédente entraîne la prise de position des élèves sur l'adéquation de l'action élémentaire à réaliser. L'enseignante poursuit alors avec des questions du type Dis1-comparaison pour dégager l'objet de la discussion à mener avec les élèves : le positionnement de la règle sur les informations identifiées sur la figure à compléter. Exemple : « Quelle est la différence entre les deux ? » (Ep1-PE1-18) ; « Tu n'es d'accord qu'avec Maël ? Ils n'ont pas tous dit la même chose ? » (Ep2-57) ; « Qu'est ce qui est différent ? (59-PE). L'enseignante reformule alors les arguments indiqués par les élèves : « Alors la différence effectivement c'est que Lisa a dit où est ce qu'on met la règle, sur quoi on met la règle ». Elle engage alors les élèves à contrôler ces arguments dans le contenu des règles d'action écrites. Par exemple, elle pose une question du type Dis1-Com3-contAE1 : « Est-ce que dans le groupe d'Antoine, vous avez dit où est ce que l'on mettait la règle ? » (Ep1-L22-PE1).

L'enseignante prend également appui sur la structure de la règle d'action à compléter pour conduire la validation des règles d'action proposées. Elle pose une question du type Dis1-Com3-contAE1 et Dis1-Com4-contC-but : « Alors est-ce que dans chacun des groupes on a bien dit où est ce qu'on devait mettre la règle et ce qu'on devait faire ? » (Ep2-L54-PE1). Elle relit alors chaque règle d'action pour amener les élèves de la classe à vérifier la présence des deux actions élémentaires à réaliser avant de valider la proposition.

Concernant le « deuxième stade : une opposition » : l'enseignante engage les élèves à se positionner sur la validation des règles d'action formulées à la fin de chaque épisode, à produire une éventuelle opposition. Elle pose une question du type Dis2-méd-valid. Exemples : « Alors est ce qu'on se met d'accord sur celle-là ? Est-ce qu'on la valide ? » (Ep2-L67-PE1) ; « On valide ? » (Ep3-L112-PE). « Alors laquelle on valide ? » (Ep1-L28-PE1) ;

Concernant le « troisième stade : une question » l'enseignante engage occasionnellement les élèves à étayer leur prise de position sur l'adéquation d'une règle d'action. Elle pose des questions du type Dis3Q : « Non mais il faut dire pourquoi » (L20, Ep1-PE) ; « Non, qu'est ce qui est différent ? » (L59, Ep2-PE).

Concernant le « quatrième stade : des arguments » l'enseignante n'organise pas la vérification des règles d'actions proposées. Elle ne demande pas aux élèves de les mettre à l'épreuve pour restaurer des figures.

Avant de faire le bilan sur la gestion de la validation des règles d'action par l'enseignante, nous analysons un court extrait de cette gestion. Ce dernier permet d'identifier les règles de discussion implicitement installées par l'enseignante lors des prises de position des élèves sur la validation d'une des règles d'action proposée par plusieurs élèves.

Bases de discussion implicitement installées par la première enseignante lors de la gestion de la validation

Nous décrivons ici l'effet du questionnement mené par l'enseignante sur l'une des élèves, Kenza. A deux reprises, cette élève prend position sur l'adéquation de l'énoncé d'une règle d'action en indiquant le "nom de l'élève" avec qui elle est d'accord. Dans l'extrait présenté dans le Tableau 76, l'enseignante va alors lui poser une question du type Dis3Q de manière à faire reposer la validation sur des arguments, et non sur "un élève".

18	PE :	Alors quelle est la différence entre les 2 ?	Dis1-compare
19	Kenza :	Bah je dirais Lisa.	
20	PE :	Non mais il faut dire pourquoi .	Dis3Q
21	Kenza	Ah bah Lisa, parce que , pourquoi, bah parce que elle a lu, à la fin, elle avait lu un trait. Mais on pose vraiment la règle sur un trait aligné du coup moi je pense que c'est Lisa qui a raison.	

Tableau 76: Extrait 7 -S7 - Situation de validation - PEn°1

Nous pouvons relever dans cet extrait que le questionnement de l'enseignante permet de faire reposer les échanges sur des bases acceptables, c'est-à-dire sur la base de la production d'arguments qui ont été acceptés par la classe lors des situations d'action et de formulation. Cela permet d'observer l'élève de mobiliser son schème discursif et d'explicitier deux arguments susceptibles de lui donner raison. Nous pouvons noter que ses arguments sont fondés sur ses connaissances et ses compétences. Le premier argument produit porte sur le contenu de la règle d'action écrite proposée : sur l'action de positionner la règle sur un trait. Le deuxième repose sur le développement de son schème S4-reproduire-alignement. L'élève mobilise aussi ses connaissances sur la relation d'alignement de deux segments.

Conclusion sur la gestion par l'enseignante de la validation des énoncés des règles d'action produits par les élèves

Quels interventions mobilise l'enseignante dans la « situation de validation » lors de la gestion de la discussion et de la validation des règles d'action ? lors de l'institutionnalisation des règles d'action ? ($Q_{R-PE-Exp}2D$).

Nous pouvons déduire de cette analyse que les interventions de l'enseignante se situent uniquement dans les stades 1, 2 et 3 du processus de la validation des règles d'action. Aucune intervention se situe dans le stade 4.

En effet, nous avons relevé qu'elle fait essentiellement reposer la validation sur la vérification du contenu écrit de chacune des actions élémentaires. Elle n'organise pas de vérification en acte de l'adéquation d'une règle d'action en demandant aux élèves de la mettre à l'épreuve sur les figures à partir desquelles a été rédigé le contenu de l'énoncé de la règle d'action.

Nous faisons l'hypothèse que le problème proposé était peut-être trop complexe pour favoriser l'organisation de la vérification en acte des règles d'action proposées.

Nous pouvons néanmoins noter de cette analyse que l'enseignante fait reposer la validation des énoncés des règles d'action sur des bases acceptables par les élèves de la classe, c'est-à-dire sur la base de la production d'arguments qui ont été acceptés par la classe pour valider l'adéquation d'une action instrumentée lors des situations d'action et de formulation. Par exemple, cela s'identifie ici par le fait que l'enseignante n'accepte pas le "nom d'un élève" comme un argument acceptable pour valider une règle d'action. Son questionnement permet d'engager certains élèves à appuyer leur prise de position sur l'adéquation de la règle d'action par l'explicitation d'arguments reposant sur les connaissances et compétences institutionnalisées localement par l'enseignante sur la suite de situations d'action et de formulation. Elle installe ainsi implicitement des bases de discussion favorables à un processus de validation.

Gestion de l'institutionnalisation des règles d'action par l'enseignante

A la fin de la séance, l'institutionnalisation des règles d'action s'observe par la relecture par l'enseignante et les élèves des quatre règles d'action validées (celle réalisée collectivement lors de la dévolution de la situation et les trois réalisées par les élèves).

Les règles d'action ont ensuite été tapées numériquement pour être proposées comme trace écrite aux élèves. Les énoncés sont restés fidèles à ceux écrits par les élèves. Ces traces écrites ont été collées dans le cahier de géométrie des élèves. Elles ont également été agrandies pour être affichées dans la classe. (Ces traces écrites se trouvent dans l'Annexe 13, p.581).

8.4.4 Analyse de la gestion de la validation des énoncés des règles d'actions produits par la seconde enseignante

Nous rappelons que nous avons modifié la « situation de validation » pour la deuxième classe. C'est la raison pour laquelle nous analysons la gestion de la validation par la deuxième enseignante des énoncés des règles d'action produits par les élèves. Notre objectif est d'identifier si le problème proposé permet d'observer une autre gestion de la validation des énoncés des règles d'action par la deuxième enseignante.

Le tableau 77 ci-dessous rend compte de l'analyse des interventions de la seconde enseignante :

PE n°2	Stade 1					Stade 2	Stade 3	Stade 3	Stade 4 : arguments	
	Dis 1					Dis 2	Dis 3		Dis 4	
	Com 3- cont- info	Com 3- cont- AE1	Com 4- cont- AE2- but	Dis1- compare- écrits	Incompré- hension écrits	Dis2-méd- valid Êtes-vous d'accord ?	Dis3Q Pourquoi vous êtes d'accord ?	Dis3-V Est-ce que c'est vrai ? Vérifier que c'est vrai, que ça marche- Tester	Com3- cont-info RA figure modèle/à compléter	Com4-cont-but- C- figure modèle/à compléter
Ep 1	2	1	1	2		3	0	6	4	3
Lignes :	09-49	14	54	16-19		08-49-54		31-40-57 -63-65-74	39-42-52-58	47-60-72
Ep 2	1	1				1	0	4	2	2
Lignes :	85	89				124		93-106- 108-126	96 98	104 124
Ep 3					3	1	0	2	7	
Lignes :					134 138 152	216		158-183	166-169- 171-177 189-191- 201	
Total 1 :	3	2	1	2	3	5	0	12	13	5

Tableau 77: Analyse du contenu des interventions de la deuxième enseignante lors de la gestion de la validation par les élèves des énoncés des règles d'action proposées - Situation de validation

Comme précédemment, nous présentons notre analyse en prenant appui sur le contenu du tableau 77 et sur des extraits de la transcription codée de la gestion par l'enseignante de la validation des énoncés des règles d'action par les élèves (Annexe 21, p.718).

Concernant le « premier stade : une proposition » : l'enseignante invite des groupes d'élèves à lire leur proposition de règle d'action devant le groupe classe. Elle organise le contrôle des informations indiquées, de l'action élémentaire associée au positionnement de la règle sur les informations sélectionnées, et le but poursuivi.

Pour organiser ce contrôle, elle prend appui sur les figures sur lesquelles repose la règle d'action écrite par les groupes d'élèves. Elle pose des questions du type

Dis1-Com3_{-cont-info} : « Elle nous dit « si tu as deux points. Est-ce que vous êtes d'accord qu'il faut deux points pour retrouver le côté tout entier ? » (Ep1-PE2 : L09) ; « Est-ce que c'est le cas ? Est-ce que les traits sont en partie effacés ? C'est vrai ça ? » (Ep2-PE2 : L85). Elle pose également des questions du type Dis1-Com3_{-cont-AE1} : « Alors tu peux poser ta règle sur deux points. Est-ce que c'est vrai ? » (Ep1-PE2 : L14) ; ou encore : « est ce que c'est vrai ? On pose la règle sur le trait ? » (Ep2-PE2 : L89).

Sur le premier épisode, elle organise la comparaison entre les règles d'action écrites par les différents groupes. Elle pose une question du type Dis1_{-compare} : « si on compare par rapport à ce qu'a dit Flavie, est ce qu'il y a des choses qui sont pareilles ? » (Ep1-PE2 : L19).

Concernant le « deuxième stade : une opposition » : l'enseignante engage les élèves à prendre position sur l'adéquation des règles d'action proposée. Elle pose des questions du type Dis2_{-méd-valid}. Exemples : « Alors est ce que c'est vrai ce qu'elle dit ? » (Ep1-PE2 : L08) ; « Est-ce que la méthode marche ? » (Ep2-PE2 : L124) ; « Alors est ce que c'est vrai la méthode de Lilou ? » (Ep3-PE2 : L216).

Concernant le « troisième stade : une question » : l'enseignante engage les élèves dans un processus de validation des règles d'action proposées en posant des questions du type Dis3V. Exemples : « Qui veut essayer de voir si c'est vrai la méthode ? Pour valider la méthode, il faut tester » (Ep1-PE2 : L31) ; « Bon on va tester. On va tester ce que vous avez dit » (Ep2-PE2 : L93) ; « Alors on va vérifier si la méthode de Lilou est une méthode qui va marcher. » (Ep3-PE2 : L159).

Elle verbalise des propos orientés sur la généralité des règles d'action. Elle donne des indications du type Dis3V. Par exemple : « Quand on explique une méthode, ça doit être vrai à chaque fois, ça ne marche pas qu'une fois, ça marche tout le temps. » (Ep1-PE2 : L65) ; « Qu'est-ce qu'il faut faire pour savoir si ça va marcher à chaque fois ? » (Ep1-PE2 : L108).

Concernant le « quatrième stade : des arguments » : l'enseignante intervient sur la vérification effective du contenu de la règle d'action écrite. Elle pose des questions du type Dis4-Com3-RA-info. Exemple : « Est-ce qu'elle a bien posé sur deux points ? » (Ep1, PE2 : L42) ; « On est d'accord qu'il a posé sa règle sur un trait ? » (Ep1, PE2 : L98). Elle pose ensuite des questions du type Dis4-Com4-C-but. Exemples : « Est-ce qu'elle a bien tracé un segment ? » (Ep1, PE2 : L47) ; « On a bien obtenu le segment rouge ? » (Ep2, PE2 : L104).

L'enseignante conclut alors en prenant appui sur le nombre de vérifications réussies. Elle pose des questions du type : « Est-ce que la méthode de Nathan et Ylann a bien marché trois fois déjà ? » (Ep1-PE2 : L76). Elle conclut alors en indiquant « Bah oui, ça va marcher tout le temps. On peut donc garder cette méthode-là » (Ep1, PE2 : L76) ; Ou encore dans cet autre extrait : « Donc la

méthode a déjà marché deux fois. Est-ce qu'elle va marcher tout le temps ? [...] Oui elle va marcher tout le temps. Est-ce qu'on valide l'explication de Ryann et Lola ? » (Ep2-PE2 : L126 ; 128).

Conclusion sur la gestion par la deuxième enseignante de la validation par des énoncés des règles d'action par les élèves

Quelles interventions mobilise l'enseignante dans la « situation de validation » lors de la gestion de la discussion et de la validation des règles d'action par les élèves ? lors de l'institutionnalisation des règles d'action ? (Q_{R-PE-Exp2D}).

Nous pouvons déduire de cette analyse que l'enseignante est intervenue sur les quatre stades du processus de la validation des énoncés des règles d'action par les élèves

En effet, nous avons identifié que l'enseignante organise l'acceptation du contenu écrit de chacune des actions élémentaires et leur mise à l'épreuve effective. Les propos qu'elle verbalise lors des mises à l'épreuve montrent qu'elle mobilise implicitement une « preuve par empirisme naïf » au sens de Balacheff (1987) : elle conclut sur la validation d'une règle d'action après l'avoir fait vérifier sur un certain nombre de cas.

Tout comme la première enseignante, nous pouvons noter que l'enseignante fait reposer la validation des règles d'action sur des bases acceptables. Pour cela, elle organise la vérification de l'adéquation des règles d'action proposées avant de les faire accepter par la classe. Elle installe ainsi également des bases de discussion favorables à un processus de validation par les élèves des règles d'action proposées.

Ainsi, nous pouvons faire l'hypothèse que la modification du problème proposé a permis une gestion par l'enseignante de la validation des énoncés des règles d'action. Nous avons en effet ici observé la mise à l'épreuve effective des énoncés des règles d'action proposés par les élèves.

Gestion de l'institutionnalisation des énoncés des règles d'action par la deuxième enseignante :

Comme pour la première enseignante, l'institutionnalisation des énoncés des règles d'action s'observe par la relecture par l'enseignante et les élèves des quatre règles d'action validées (celle réalisée collectivement lors de la dévolution de la situation et les trois réalisées par les élèves).

Comme pour la première classe, les règles d'action ont ensuite été tapées numériquement pour être proposées comme trace écrite aux élèves. Les énoncés sont restés fidèles à ceux écrits par les élèves. Ces traces écrites ont été collées dans le cahier de géométrie des élèves. Elles ont également été agrandies pour être affichées dans la classe. (Les traces écrites se trouvent dans l'Annexe 17, p.629).

8.5 Analyse a posteriori de la situation de décision

Notre premier objectif pour cette analyse est de mettre en évidence les schèmes communicatif et discursif mobilisés par les élèves dans la « situation de décision ». Nous rappelons que les élèves doivent ici décider de l'adéquation de la restauration d'un segment ou d'un point. Ils doivent aussi produire un argument susceptible de prendre le statut d'argument pour valider une action instrumentée réalisée par autrui.

Il s'agit ici de répondre à la sous-question de recherche suivante :

Quels schèmes mobilisent les élèves pour valider une action instrumentée réalisée pour restaurer une figure ? ($Q_{R-Elève-Exp1D}$).

Notre second objectif pour cette analyse est de mettre en évidence la gestion par l'enseignante de la validation par les élèves de la classe d'un argument proposé par un binôme d'élèves.

Il s'agit de répondre à la sous-question de recherche suivante :

Quelles interventions mobilise l'enseignante dans la « situation de décision » lors de la gestion de la discussion et de la validation par les élèves des arguments proposés ? ($Q_{R-PE-Exp2D}$).

8.5.1 Analyse des schèmes mobilisés par les élèves dans la « situation de décision »

8.5.1.1 Données utilisées

Nous avons élaboré huit problèmes. Deux problèmes ont été résolus collectivement avec l'enseignante pour favoriser la dévolution de la consigne de la situation de décision. Six problèmes ont ensuite été proposés aux élèves. Les problèmes proposés se trouvent dans l'Annexe 4, p.390.

Les binômes sont les mêmes que ceux réalisés pour les situations de formulation. Le binôme B1 est constitué de Paul et Elysa, le binôme B2 de Fabien et Antoine, le binôme B3 de Lisa et Noémie.

Chaque binôme d'élèves en a résolu deux parmi les six proposés : un problème où l'action instrumentée réalisée est adéquate, un autre où l'action instrumentée

réalisée est inadéquate. Nous disposons donc de deux énoncés d'arguments par binôme d'élèves.

Comme données, nous utilisons la transcription du contenu des échanges produits au sein des binômes d'élèves, pour chacun de ces deux énoncés. Les données utilisées concernent essentiellement les deux premiers binômes. En effet, un problème de caméra a réduit les données recueillies pour le binôme 3 (Lisa, Noémie).

Cette transcription se compose également des éventuels échanges entre les élèves et l'enseignante.

Nous utilisons également les fiches élèves où est écrit l'argument proposé par les élèves pour appuyer leur point de vue quant à la validation d'une action instrumentée réalisée par autrui.

Ces données se trouvent dans l'Annexe 14, p.590.

8.5.1.2 Analyse du contenu des échanges entre les élèves et analyse de l'argument écrit

Nous avons analysé les données indiquées en respectant la méthodologie exposée en 4.1.3. Les tableaux complétés pour chacun des trois binômes se trouvent dans l'Annexe 14, p.590.

Nous présentons notre analyse ci-dessous. Nous prenons appui sur le contenu des tableaux d'analyse et sur des extraits de la transcription codée de la gestion de la validation de l'action instrumentée réalisée (Annexe 14, p.590).

Nous commençons par analyser le contenu des échanges et des arguments produits par les élèves dans chacun des stades que nous avons définis. Nous poursuivons par l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante auprès de certains binômes. Nous analysons ensuite les schèmes mobilisés par les élèves.

« Premier stade : une proposition »

Ce stade correspond au moment où les élèves prennent connaissance de l'action instrumentée réalisée (Observation de la figure modèle, du segment à restaurer, des actions élémentaires réalisées, et lecture de la description de celles-ci)

« Deuxième stade : une opposition »

Nous identifions que le critère Dis_{2-position-validation} est présent pour chacun des binômes.

Les binômes 1 et 2 commencent par partager leur prise de position, partager des arguments et se mettre d'accord avant de la cocher sur la fiche. Concernant le binôme 3, le binôme coche directement sa prise de position sur la fiche.

Pour les deux premiers binômes, il est possible d'identifier certains élèves mettre en doute une prise de position. Par exemple : « T'es sûr ? » ; « Mais là ? » (B1-Elysa : L03 ; L29) Il est également possible d'observer des oppositions. Par exemple : « Bah non » (B2-Fabien : L07 ; L64).

Nous observons alors les élèves échanger des arguments pour appuyer leur prise de position. Ils évoluent dans le stade 4.

« Quatrième stade 4 : des arguments »

→ Nous relevons dans le contenu des échanges des binômes B1 et B2 que les élèves proposent des arguments du type Com3-Cont-Info-Modèle. Ils identifient la relation pertinente à prélever sur la figure modèle pour réussir. Pour cela, ils mobilisent le langage, des gestes déictiques, ou positionnent la règle sur les segments alignés identifiés.

Exemples :

« Regarde, ils doivent être alignés : //parcourt du doigt l'alignement des segments [AI] et [KC] sur la figure modèle// » (B1-Elysa : L08) ;

« Là c'est aligné : //positionne la règle sur les segments [AI] et [KC] sur la figure modèle// » (B1-Elysa : L09).

« Et là c'est droit : //parcourt du doigt l'alignement des segments [AI] et [KC] sur la figure modèle// » (B2-Fabien : L12).

→ Nous identifions également dans le contenu des échanges des binômes B1 et B2 que les élèves proposent des arguments du type Com3-Cont-C-AE2. Ils contrôlent la relation existante entre le segment ou les points sélectionnés et le segment ou le point à représenter. Ils vérifient ainsi l'information sélectionnée pour positionner la règle dans le but de tracer le segment manquant.

Exemples :

« Attends : //positionne sa règle sur le segment [AI] sur la figure à compléter// » (B1-Paul-L04)

« Elle aurait dû partir d'ici : //parcourt du doigt le segment [AI] et mime son prolongement en direction du segment [KC] attendu//. » (B2-Fabien : L11)

→ Nous identifions ensuite dans le contenu des échanges des binômes B1 et B2 que les élèves proposent des arguments du type Com4-Cont-C-AE2. Ils contrôlent la propriété du segment ou du point restauré. Pour cela, ils mobilisent à nouveau le langage, des gestes déictiques ou positionnent la règle sur les segments de la figure restaurée.

Exemples :

« Et là qu'est-ce qu'elle a fait : //positionne la règle sur le segment [AI] de la figure à restaurer// c'est pas aligné. » (B1-Elysa : L10) ;

« Parce que là c'est pas droit : //parcourt du doigt le prolongement du segment [AI] sur la figure à restaurer// (B2-Fabien : L12).

« Parce qu'elle a oublié de faire le point d'intersection : //pointe la zone du point C// » (B3-Lisa : L02).

→ Nous identifions enfin dans le contenu des échanges des binômes 1 et 2 des arguments du type Com-autre.

Certains reposent sur la sélection d'informations spatiales. Ils portent sur la position des segments ou leur longueur, c'est-à-dire sur la position du point situé à l'extrémité du segment obtenu. Ils sont majoritairement identifiés dans le contenu des arguments du binôme 2.

Exemple :

« Parce qu'il est trop grand : //parcourt le segment [DC']// (B2-Fabien : L16)

« Ce trait : //montre le segment [DC']//, il est trop grand. » (B2-Fabien : L35)

D'autres arguments sont liés à un choix que nous avons effectué concernant le problème proposé. En effet, nous avons volontairement tracé le prolongement du segment [BH] à partir du point H. La figure restaurée comportait alors un segment supplémentaire [HG].

Les binômes B1 et B2 n'ont tout d'abord pas validé l'action instrumentée réalisée en formulant l'argument qu'il ne fallait pas tracer dans la figure. Des interventions de l'enseignante ont alors permis d'orienter l'attention des élèves sur la validation de la règle d'action mobilisée. Les élèves ont alors proposé des arguments similaires à ceux précédemment indiqués.

Nous relevons ici un effet des interventions de l'enseignante relatifs à la présence de traits de constructions.

Concernant le langage utilisé dans les arguments produits, nous notons qu'il est en majorité géométrique pour le binôme B1. Il est davantage courant pour le binôme 2.

« Troisième stade 3 : une question »

Nous identifions la présence de la locution « parce que » dans les arguments proposés oralement pour tous les binômes. Même si la locution « parce que » est déjà écrite dans la phrase à compléter par les élèves, son usage montre que les élèves s'engagent de manière spontanée dans la recherche des arguments susceptibles d'appuyer leur prise de position. Par ailleurs, à la suite des échanges, nous relevons une certaine prise de conscience chez les élèves de l'argument à choisir parmi les arguments produits oralement par les élèves. Elle s'observe par des questions du type Dis3Q.

Exemples :

« Attends, parce que quoi ? Parce que... » (B1-Elysa : L13)

« Alors parce que.... » (B1-Elysa : L31)

« Du coup parce que.... » (B2-Fabien : L19)

« Du coup parce que elle n'a pas mis sa règle sur ... heu... » (B2-Fabien : L21)

« Quatrième stade 4 : des arguments »

Nous identifions que l'argument écrit par les binômes 1 et 2 repose sur l'information pertinente qu'il fallait prélever sur la figure modèle : le concept d'alignement de segment. (Com6-info). Il repose aussi sur la mise en relation du positionnement de la règle avec un segment, uniquement pour le premier problème.

Concernant le binôme 3, les arguments écrits reposent sur le concept de point.

Afin de rendre compte des productions des élèves, nous poursuivons avec l'analyse du contenu des interventions éventuelles de l'enseignante.

Les tableaux complétés pour l'analyse montrent que l'enseignante est intervenue auprès des binômes B1 et B2. Ses interventions sont majoritairement du type Dis2_{position-valid} et Dis3Q. L'enseignante a posé des questions du type Dis2_{position-valid} essentiellement lors de la résolution du problème 2. Cela a permis aux élèves de comprendre que le segment supplémentaire tracé n'était pas un argument acceptable pour invalider l'action instrumentée réalisée.

Exemples :

« D'accord, mais est ce que malgré tout la méthode est correcte ? » (B1-PE : L37)

Les questions du type Dis3Q ont permis aux élèves d'explicitier des arguments. Le questionnement de l'enseignante est resté général et prend appui sur les arguments proposés par les élèves. Il a permis d'accompagner les élèves dans l'explicitation de leur pensée.

Exemples :

« Pourquoi a-t-elle bien positionné la règle ? » (B1-PE : L54)

« Pourquoi ? » (B2-PE : L24) ; « Alors qu'est-ce que tu as vérifié ? » (B2-PE : L34) ;

« Et pourquoi il est trop grand ? » (B2-PE : L36).

Nous pouvons donc considérer que les interventions de l'enseignante ont permis d'accompagner les élèves dans l'explicitation des arguments. Elles n'ont pas influencé le contenu des arguments proposés par les élèves.

8.5.1.3 Analyse des schèmes mobilisés par les élèves

L'analyse que nous venons d'effectuer montre que dans la « situation de décision », 4 élèves sur les 6 suivis ont mobilisé leurs schèmes discursifs, communicatifs et leurs schèmes d'actions. Il s'agit de Paul, Lisa, Elysa et Fabien. La mobilisation de ces schèmes reste plus limitée pour Noémie et Antoine.

Ces schèmes sont en étroite relation les uns avec les autres. Le schème discursif mobilise le schème communicatif, les deux se fondent sur les schèmes d'action. Nous analysons les schèmes mobilisés à partir de l'analyse des composantes d'un schème discursif.

« Composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles »

L'analyse montre que les binômes suivis contrôlent l'adéquation de l'action instrumentée réalisée. Pour cela, ils identifient des concepts pertinents sur la figure modèle (Com3-Cont-info-modèle) Ils contrôlent également la présence de ces concepts sur la figure restaurée (Com4-Cont-C-AE2). Enfin, l'analyse montre que deux binômes contrôlent les informations sélectionnées pour positionner la règle, c'est-à-dire les conditions d'utilisation d'une règle d'action (Com3-Cont-RA-AE1). Nous constatons que les contrôles effectués et verbalisés reposent sur le développement des schèmes d'action $S2_{\text{-relier}}$, $S3_{\text{-reproduire}}$ alignement, ainsi que du schème communicatif des élèves.

« Composante 1 : buts, sous-buts et anticipations »

L'analyse de la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles » montre que les élèves contrôlent l'adéquation des buts, sous-buts, anticipations poursuivis par autrui. Les arguments produits (Dis4) montrent en effet que les élèves ont identifié qu'un des buts à atteindre dans un problème de restauration est de représenter la direction d'un segment_{-côté} de la figure modèle (binôme 1 et 2) ou de représenter un point situé à l'extrémité d'un segment_{-côté} de la figure modèle.

« Composante 3 : Invariants opératoires (concepts en acte et théorème-en-acte) »

L'analyse montre que les élèves suivis produisent un argument pour valider le point ou le segment restauré. L'analyse de la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles » montre qu'ils identifient quel concept pertinent est à mobiliser. Par exemple : mobiliser le concept-en-acte d'alignement de segments, ou le concept-en-acte de point défini par l'intersection de deux lignes droites. Elle montre également que les élèves contrôlent la valeur de vérité des théorèmes-en-acte mobilisés sur la figure modèle et celle à restaurer. Par exemple : contrôler que la règle est positionnée sur le segment qui permet de représenter la direction d'un segment cherché. Ou encore, contrôler que la règle est positionnée sur les deux points qui définissent les extrémités du segment cherché. Ces contrôles leur permettent de donner un statut de preuve à l'argument qu'ils proposent.

Par ailleurs, l'analyse montre que les invariants opératoires mobilisés par les élèves sont de forme langagière et non langagière. L'usage du langage géométrique et du langage technique est développé chez certains élèves. Pour d'autres, nous

notons l'usage du langage courant et un langage technique. Nous relevons chez tous les élèves des gestes de parcours ou de pointage sur les segments et les points. De plus, certains élèves commencent à utiliser la règle pour prélever des informations pertinentes sur la figure modèle ou les contrôler sur la figure restaurée.

Ainsi, nous pouvons constater que les formes opératoires des formes prédicatives des concepts de point, segment et d'alignement de segments sont mobilisées par les élèves pour produire des arguments.

Conclusion sur les schèmes mobilisés par les élèves pour valider une action instrumentée réalisée pour restaurer une figure

L'analyse montre que quatre élèves sur les six suivis mobilisent de façon très étroite les schèmes discursif, communicatif et les schèmes d'action développés lors de la mise en œuvre de la suite de « situations d'action, formulation et validation ». La capacité des élèves à argumenter et valider repose sur les schèmes discursif et communicatif développés. Et ces schèmes se fondent sur les schèmes d'action développés par les élèves. La mobilisation de ces schèmes reste plus limitée pour deux élèves.

Nous analysons maintenant de façon détaillée les schèmes de deux élèves. Notre intention est de mettre davantage en évidence le développement conjoint de la conceptualisation et des schèmes d'action associés à l'usage géométrique de la règle chez les élèves. Notre intention est également de montrer le développement du processus de conceptualisation chez l'élève Paul, que nous avons analysé sur l'ensemble de la suite de situations.

8.5.1.4 Analyse détaillée des schèmes d'un élève : Fabien

Nous faisons le choix d'analyser de manière détaillée deux arguments proposés par l'un des élèves : Fabien. Cet élève a développé les schèmes d'action visés par la suite de situations. En revanche, le langage mobilisé par Fabien est resté essentiellement du langage courant. Pour autant, l'analyse du deuxième argument qu'il propose permet selon nous de percevoir le développement conjoint de la conceptualisation et des schèmes d'actions associés à l'usage de la règle.

Les arguments analysés concernent la validation par les élèves de l'action instrumentée ci-dessous (Figure 69). Le segment bleu a été restauré au jugé. La relation d'alignement existante entre le segment [KC] et [AI] n'a pas été représentée. De fait, le point C' produit ne représente pas les propriétés du point sommet C de la figure modèle.

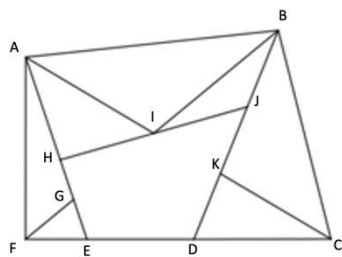


Figure codée pour les analyses

<p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>		<p>Figure à compléter</p>
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte <p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
	<p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p>	

Action instrumentée à valider

Figure 71: Action instrumentée à valider par Fabien et son binôme Antoine

Pour analyser le premier argument proposé par Fabien (Binôme 2), nous organisons sa comparaison avec l'argument produit par Elysa (Binôme 1). Nos analyses montrent en effet que ces élèves produisent les mêmes arguments, mais en mobilisant des langages différents. Nous présentons ci-dessous (Tableau 78) les extraits associés. Les transcriptions complètes se trouvent dans l'Annexe 14, p.590.

B1-Elysa :

L08 : Regarde, ils doivent être alignés :
//parcourt avec son doigt l'alignement des segments [AI] et [KC] sur la figure modèle.

L09 : Là c'est aligné : //positionne sa règle sur les segments [AI] et [KC]//

L10 : Et là qu'est ce qu'elle fait : //positionne sa règle sur le segment [AI]// c'est pas aligné ;

B2-Fabien, argument n°1 :

L12 : Parce que là c'est pas droit : //mime le prolongement du segment [AI] vers le segment [K'C'] sur la figure restaurée//

Et là c'est droit : //mime le prolongement du segment [AI] vers le segment [KC] sur la figure modèle.//

Tableau 78: Comparaison des arguments produits par Elysa et Fabien dans la Situation de décision

Dans ces extraits : nous pouvons noter que les deux élèves contrôlent la présence de la relation d'alignement existante entre les deux segments sur la figure modèle et sur la figure à restaurer. Un premier élément distingue les deux élèves : Elysa verbalise explicitement cette relation en utilisant le langage géométrique approprié : « C'est pas aligné », (L10). Elysa utilise également la règle dans sa fonction de contrôler une relation d'alignement sur une figure. En revanche, Fabien utilise le langage courant : « c'est pas droit », L12) et des gestes déictiques.

Elysa et son binôme Paul ne produisent pas d'autre argument. Ils concluent ensuite sur la non-validation de l'action instrumentée en prenant appui sur le concept d'alignement et le schème S4-reproduire-alignement.

En revanche, Fabien mobilise un deuxième argument. Ce deuxième argument permet d'identifier la mise en relation le schème S4.^{reproduire alignement} avec le concept de point. Nous présentons ci-dessous l'extrait correspondant :

B2-Fabien, argument n°2 :

L15a : Alors si tu fais bien comme le petit : //parcourt le segment [AI] et mime son prolongement avec son doigt// [...]

L15b : Normalement, ça aurait dû arriver ici : //pointe la zone du point C attendu//.

L16a : //Mime à nouveau le prolongement du segment [AI]//

Normalement, ça doit arriver ici : //pointe la zone du point C attendu//,

L16b : Et là, c'est là : //pointe le point C' réalisé //.

Donc c'est complètement faux. Parce qu'il est trop grand : //parcourt le segment [DC']//.

Dans cet extrait, nous pouvons identifier que Fabien communique à la fois sur le segment à sélectionner (L15) pour reproduire l'alignement existant entre les segments [AI] et [KC], sur point C à obtenir (L15b ; L16a) et sur le point C' obtenu (L16b).



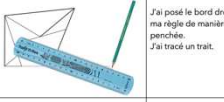

Nous pouvons donc faire l'hypothèse que sa conclusion repose sur deux arguments qui s'articulent entre eux. Un des arguments produits par Fabien repose sur la notion de point situé à l'extrémité d'un segment (le point C extrémité du segment [EC]). Pour Fabien, le trait est trop grand. Nous pouvons faire l'hypothèse que selon lui, le point situé à l'extrémité du segment restauré ne représente pas le point_{sommet} du triangle DCK. L'autre argument produit par Fabien semble confirmer que son attention porte sur le point C' situé à l'extrémité du segment. Cet argument repose sur la relation d'alignement entre un point et un segment. Pour Fabien, le point C' n'est pas aligné avec le segment [AI] (L15a et L15b). Il en déduit que le point d'intersection C' ne représente pas le point situé à l'extrémité du segment [EC]. Fabien porte ainsi son attention à la fois sur l'obtention du point C extrémité du segment [DC] et le point C aligné avec le segment [AI].

Ainsi, selon nous, même si la forme prédicative des connaissances et des compétences de Fabien n'est pas encore développée, les arguments qu'il produit et leur articulation montrent qu'il produit des arguments acceptables. Ses arguments reposent sur le développement du concept de point et le schème S4.^{reproduire-alignement}. Pour produire ses arguments, il mobilise ses schèmes communicatif et discursif. Ces derniers sont en cours de développement mais nous pouvons constater qu'ils se fondent sur le développement de ses schèmes d'action.

8.5.1.5 Analyse détaillée des schèmes de Paul

Nous poursuivons avec l'analyse détaillée des schèmes mobilisés par l'élève Paul dans la « situation de décision ». En effet, nous avons déjà analysé de façon détaillée les schèmes de cet élève dans les situations d'action et de formulation. Notre rappelons que notre but est de montrer le développement du processus de conceptualisation de Paul sur l'ensemble de la suite de situations.

Paul est le binôme d'Elysa. Il a produit les arguments associés aux deux problèmes ci-dessous (Figure 70). Dans les deux cas, il s'agit de contrôler la représentation de la relation d'alignement de deux segments. Seule la deuxième action instrumentée est valide.

 <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>	 <p>Figure à compléter</p>
<p>Méthodes réalisées :</p>  <p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p>
 <p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p>	<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p> <p>Parce que :</p>

Action instrumentée à valider n°1

Action instrumentée à valider n°2

Figure 72: Actions instrumentées à valider par Paul et sa binôme Elysa

Le tableau d'analyse complété par Paul nous permet d'identifier les schèmes qu'il mobilise pour décider de l'adéquation ou non des actions instrumentées réalisées. Nous présentons notre analyse en prenant appui sur les critères identifiés dans chacun des « stades d'un dialogue argumentatif » et sur des extraits de la transcription du contenu de ses échanges.

Concernant le « deuxième stade : une opposition », Paul prend position sur l'adéquation de l'action réalisée. Exemples : « Déjà, on peut dire non » (S7-Pb1-Paul : L07) ; « Elle a bien fait, elle a bien fait (S7-Pb2-Paul : L28).

Concernant le « troisième stade : une question », la recherche des arguments est engagée par sa binôme Elysa.

Concernant le « quatrième stade : des arguments », Paul produit des arguments du type Com3-Cont-RA-AE1. Par exemple, dans le premier problème, il contrôle si le segment représenté est en relation avec un autre segment en positionnant sa règle sur le segment restauré. (S7-Pb1-Paul : L04). Il produit ensuite un argument oral dans un langage technique : « Tu n'as pas bien posé ta règle sur le segment » (S7-Pb1-Paul : L14). Dans le second problème, il produit un argument oral en

mobilisant le langage géométrique : « Parce que tu as vu les segments alignés » (S7-Pb2-Paul : L32).

Paul produit ensuite un argument écrit compréhensible et cohérent pour conclure sur la validation d'une action instrumentée. Il a pris en charge la rédaction de l'argument associé à la validation du deuxième problème et a écrit : « Tu as fait la bonne méthode parce que tu as vu le segment aligné mais tu as tracé dans la forme » (S7-Pb2-Paul : L59). Cet argument repose sur le contrôle de la relation d'alignement existante entre le segment restauré et un segment donné de la figure.

L'analyse des différents « stades d'un dialogue argumentatif » pour Paul montre que ses arguments reposent sur le développement de son schème communicatif et sur celui des schèmes d'action associés à l'usage géométrique de la règle.

Concernant la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles », les actions instrumentées et les arguments produits par Paul montrent qu'il prélève des informations pertinentes sur la figure modèle. Il contrôle également les informations sélectionnées sur la figure à restaurer pour représenter un segment.

Concernant la « composante 1 : buts, sous-buts et anticipations », les actions instrumentées et les arguments produits par Paul montrent qu'il contrôle l'adéquation du but atteint par autrui. L'analyse des productions orales et écrites de Paul montrent qu'il contrôle que la direction d'un segment représenté a été obtenu en prolongeant un autre segment.

Concernant la composante 3 : « Invariants opératoires (concepts en acte et théorème-en-acte) », les actions instrumentées et les arguments produits par Paul montrent qu'il produit un argument qui repose sur la valeur de vérité d'un théorème-en-acte et sur la pertinence des concepts-en-acte mobilisés par autrui. En effet, l'analyse des arguments produits par Paul nous permet d'identifier qu'il vérifie en acte la valeur de vérité du théorème-en-acte suivant : « pour tracer un segment, il faut poser sa règle sur un autre segment ». Il verbalise que la donnée d'un segment est nécessaire pour tracer un autre segment. Il mobilise pour cela le langage géométrique et le langage technique. Paul mobilise donc la valeur opératoire de la valeur prédicative des concepts de point, segment, relation d'alignement pour produire ses arguments. Ces derniers se fondent sur le développement des schèmes d'action associés à l'usage de la règle et sur le développement de son schème communicatif.

Ainsi, nous pouvons déduire de ces analyses que Paul mobilise de manière très étroite ses schèmes discursif, communicatif et les schèmes d'action associés à

l'usage de la règle afin de produire des arguments acceptables pour valider une action instrumentée réalisée pour restaurer un figure.

L'analyse de la mise en œuvre de la suite des situations permet d'identifier que Paul est passé du développement de la forme opératoire des connaissances et des compétences en jeu (« situations d'action »), au développement de leur forme prédicative (« situations de formulation »), puis de leur forme prédicative écrite (« situation de validation »). Ces différents développements ont permis d'identifier la capacité de Paul à mobiliser ici la forme opératoire de la forme prédicative des connaissances et compétences pour produire des arguments dans la « situation de décision » proposée.

Conclusion sur l'analyse des schèmes mobilisés par les élèves dans la « situation de décision »

Quels schèmes mobilisent les élèves pour valider une action instrumentée réalisée pour restaurer une figure ? ($Q_{R-Elève-Exp1D}$).

L'analyse effectuée montre que quatre des six élèves suivis mobilisent leurs schèmes communicatifs et discursifs pour produire des arguments. Ces deux schèmes se fondent sur le développement conjoint des concepts de point, segment, de la relation d'alignement et des schèmes d'action associés à l'usage géométrique de la règle développés lors de la mise en œuvre de la suite de situations. En effet, les arguments produits reposent sur des contrôles réalisés en acte sur la figure à compléter ou sur la figure modèle. Par exemple, les schèmes d'action permettent aux élèves de prélever les relations pertinentes existantes entre les points et les segments de la figure modèle (comme la relation d'alignement de deux segments). Les élèves contrôlent aussi l'adéquation d'une action instrumentée réalisée pour représenter un point ou un segment sur la figure complétée. Pour cela, ils contrôlent si un point a été produit par l'intersection de deux demi-droites, ou encore si la direction d'un segment a été produit à partir de la direction d'un autre segment aligné avec lui. Les élèves contrôlent donc la valeur de vérité des théorèmes-en-acte mobilisés par autrui, c'est-à-dire de vérifier si la règle a été positionnée sur deux points ou sur un segment.

La forme prédicative des connaissances mobilisées permet d'observer l'usage d'un langage géométrique ou d'un langage courant. La forme prédicative des compétences mobilisées permet quant à elle d'observer l'usage d'un langage technique. L'analyse montre alors l'usage par les élèves de la valeur opératoire de la forme prédicative des connaissances et des compétences mobilisés. Cet usage permet de donner un statut d'argument aux arguments produits par les élèves. L'analyse montre enfin que les arguments produits par les élèves peuvent être acceptés par la classe pour valider ou invalider une action instrumentée réalisée dans le but de représenter les relations d'incidence ou d'alignement existantes entre des points et des segments. En effet, les arguments sont fondés sur les

règles d'actions acceptées par la classe lors de la « situation de validation » et institutionnalisées par l'enseignante.

8.5.2 Analyse des interventions de l'enseignante dans la gestion des arguments écrits par les élèves

Nous poursuivons avec l'analyse de la gestion par l'enseignante de la validation des arguments proposés par les élèves. Nous rappelons qu'il s'agit de répondre à la question de recherche suivante :

Quelles interventions mobilise l'enseignante dans la « situation de décision » lors de la gestion de la discussion et de la validation des arguments des élèves ? (Q_{R-PE-Exp2D}).

Données utilisées :

Nous avons transcrit l'extrait vidéo associé au moment de la gestion par l'enseignante de la discussion et de la validation par les élèves des arguments proposés par les élèves. Nous avons découpé cette transcription en six épisodes. Chaque épisode correspond à la validation par les élèves d'une des actions instrumentées parmi les six proposées. Nous avons ensuite traité ces données en utilisant la méthodologie présentée dans la partie 4.2.2.

Les tableaux 79 et 80 ci-dessous rendent compte des différents types d'interventions de l'enseignante. La transcription des épisodes se trouve dans l'Annexe 14, p.590.

PE n°1	Stade 1 : une proposition	Stade 2 : une opposition	Stade 3 : une question
	Dis1-com-valid Êtes-vous d'accord ? / proposition	Dis2-méd-valid Classe	Dis3Q Pourquoi ?
Ep1	1	2	1
Lignes :	03	05-17	07
Ep 2	1	1	1
Lignes :	35	37	37
Ep 3	1	2	1
Lignes :	48-	50-59	62
Ep 4	1	5	3
Lignes :	78	81-83-87-91-92	80-85-94
Ep 5	1	1	4
Lignes :	101	108	106-128-130-142
Ep 6	1	1	4
Lignes :	128-130-148	142	128-130-132-142
Total 1 :	6	12	14

Tableau 79: Analyse du contenu des interventions de la première enseignante dans la gestion de la validation par les élèves des décisions et arguments produits - Situation de décisions - Stades 1, 2 et 3

PE n°1	Stade 4 : des arguments								
	Com1. but	Com2. ant	Com3-AE1-RA	Com6.c	Dis4-RA + Appui code	Dis4. C + Appui code	Dis4-vérif info RA	Dis4-vérif. but-C	Dis4-concl-PE
Ep1	2		1	2	4	2			1
Lignes :	09-12		13	15-17	19-21-22-28	28-29			28+code
Ep 2	1				1		1	1	1
Lignes :	33				39		40	40	40+code
Ep 3	1	3		1	2	2	1	2	3
Lignes :	57	67-68-		57	74-75	74-75	74	58-64	67-74-75 +code
Ep 4					1		3		1
Lignes :					85		89-96-100		100
Ep 5				1		1			1
Lignes :				119		115			115
Ep 6	1		1	2			2		2
Lignes :	126		147	145-147			135-138		150-154 +code
Total 1 :	5	3	2	6	8	5	7	3	9
Total 2 :	16				23				9

Tableau 80: Analyse du contenu des interventions de la première enseignante dans la gestion de la validation par les élèves des décisions et arguments produits - Situation de décision - Stade 4

Nous prenons appui sur les tableaux 79 et 80, et le contenu de la transcription (Annexe 14, p.590) pour analyser le contenu des interventions menées par l'enseignante lors de la validation par la classe de l'argument proposé par un binôme d'élèves.

Concernant le « premier stade : une proposition » : pour chacune des actions réalisées à valider, l'enseignante commence par faire lire la description de l'action instrumentée réalisée. Elle invite ensuite les binômes concernés à communiquer leur point de vue sur l'action réalisée. Elle poursuit alors sur le stade 2 ou le stade 3.

Concernant le « deuxième stade : une opposition » : nous pouvons observer deux types d'intervention du type Dis2-méd-position-valid. L'enseignante intervient fréquemment pour demander au groupe classe s'il partage prise de position du binôme interrogé sur l'adéquation de l'action instrumentée réalisée. Elle intervient également pour leur demander s'ils acceptent l'argument proposé par le binôme interrogé pour appuyer leur prise de position sur l'adéquation de l'action.

Nous avons identifié plusieurs orientations dans son questionnement.

Ce dernier peut être général. Exemples : « Vous êtes d'accord ? » (S7- Ep2-PE : L37) ; « Tout le monde est d'accord avec ce oui ? » (S7-Ep4 -PE : L81) ; « Les autres qui n'ont pas travaillé sur cette figure, vous pensez qu'elle a bien fait ou pas ? (S7-Ep1-PE : L05) ; « Donc est-ce qu'elle a bien fait ? » (S7-Ep3-PE : L59) ;

Il peut poser l'enjeu de certitude, pour créer le doute. Par exemple : « Vous êtes sûrs ? même ceux qui n'ont pas travaillé sur cette figure ? » (S7-Ep4-PE : L83)

Son questionnement peut être aussi orienté sur les actions élémentaires réalisées. Exemples : « Julia tu es d'accord ? Elya nous dit qu'elle a bien mis sa règle sur un trait, es-tu d'accord ? » (S7-Ep4-PE : L91) ; « Elle a bien posé la règle sur un trait, tout le monde est d'accord ? » (S7-Ep4-PE : L92).

Il peut être orienté sur les concepts mobilisés. Exemples : « C'est bon, elle a bien obtenu le segment qui manquait ? (S7-Ep3-PE : L50). Ou encore, concernant le tracé d'un segment au jugé : « On n'a pas le droit de faire ça ? » (S7-Ep5-PE : L108).

Concernant le « troisième stade : une question » : l'enseignante engage systématiquement les élèves à proposer un argument susceptible de leur donner raison. Elle pose différentes questions du type Dis3Q pour accompagner les élèves dans l'explicitation de leur pensée par un questionnement général.

Exemples : « Mais il faut expliquer pourquoi ça n'a pas fonctionné » (S7-Ep1-PE : L07) ; « Pourquoi elle a utilisé la bonne méthode ? » (S7-Ep2-PE : L37) ; « Pourquoi, qu'est-ce que vous avez mis ceux qui ont travaillé dessus ? » (Ep3-PE : L62) ; « Kyara n'est pas d'accord, pourquoi ? » (S7-Ep4-PE : L94) ; « Pourquoi, explique-moi » (S7-Ep5-PE : L106) ; « Ça ne paraît pas bon ? Pourquoi ? » (S7-Ep6-PE : L132) ;

Plus rarement, son questionnement est orienté sur le tracé réalisé, sur le code utilisé, ou encore sur l'explicitation de la mise en relation de la règle avec un/deux points ou un segment.

Exemples : « Oui, pourquoi elle a bien tracé ? » (S7-Ep4-PE : L80) ; « Alors pourquoi elle a bien tracé ? Quel code elle a bien utilisé ? Sur quoi elle a bien mis sa règle ? » (S7-Ep4-PE : L85)

Concernant le « quatrième stade : des arguments » : parmi les six actions instrumentées à valider, trois étaient adéquates et trois étaient inadéquates.

Nous présentons une analyse détaillée de la gestion par l'enseignante de la validation par la classe de certains arguments produits par des élèves ci-dessous :

- Si l'action réalisée est adéquate, nous avons noté que l'argument proposé par les élèves prend appui sur les schèmes d'action développés. Ils verbalisent le contenu de la règle d'action mobilisée. L'enseignante reformule alors l'argument proposé par l'élève. Puis nous identifions qu'elle prend en charge la vérification de cet argument par des interventions du type Dis4-Com-Cont-RA : elle accompagne sa reformulation par des gestes déictiques de parcours ou de pointage sur les informations sélectionnées sur la figure.

Exemple :

L96 PE : Oui, elle a mis sa règle sur les 2 points
//pointe les deux points //



Tableau 81: Extrait 8 -PE - S7 - Situation de décision

L'enseignante complète parfois cette intervention par une autre du type Dis4-Com4-Cont-C : elle met en relation le concept mobilisé avec la règle d'action indiquée. Pour cela, elle conduit les élèves à expliciter le but atteint.

Exemple :

40 PE : Elle a bien mis sa règle sur les 2 traits : //les parcourt avec son doigt// pour les prolonger pour faire un point...



41 Élève : ...d'intersection

Tableau 82: Extrait 9 -PE - S7 - Situation de décision

- Si l'action réalisée est inadéquate, nous avons noté que les arguments proposés par les élèves reposent sur la mise en relation des règles d'action avec les concepts à mobiliser. Nous identifions alors que l'enseignante prend appui sur le concept indiqué par les élèves, le reformule. Dans l'épisode 1, nous notons alors qu'elle invite les élèves à indiquer quelle action adéquate permet d'obtenir le concept indiqué. Pour cela, elle met en œuvre des interventions du type Com1-but (S7-L09-11-12-PE-Ep1) et Com-AE1 (S7-L13-PE-Ep1) :

09 PE : Il manque des choses mais effectivement, il y a l'idée de point d'intersection, **il nous manquait**, comment ça s'appelle ça : //pointe le sommet manquant//

10 Elya : Un sommet

11 PE : Oui il nous manquait le sommet

12 PE : Donc s'il nous manquait un sommet, effectivement, **le but c'était de chercher un point d'intersection.**

13 PE : Que fallait-il faire ?
Quelle méthode fallait-il utiliser ?
Qu'est-ce que je devais faire avec ma règle parce que là visiblement, la règle n'est pas bien placée.
Où est-ce qu'il fallait placer la règle ? Que fallait-il faire ?
Quel code de la règle fallait-il utiliser ?

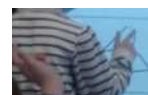
Tableau 83: Extrait 10 -PE - S7 - Situation de décision

Le contenu des interventions de l'enseignante permet d'observer dans l'extrait ci-dessous une élève mettre en relation le concept de point avec le schème d'action S3-prolonger :

- 14 Kyara : Elle aurait dû mettre sa règle sur le trait là :
//parcourt du doigt le 1^{er} segment à prolonger//
tracer un peu plus loin.



Et là : //montre le 2^e segment à prolonger//
elle fait pareil,



pour que ça se coupe et faire le sommet.

Tableau 84: Extrait 11 -PE - S7 - Situation de décision

Dans l'épisode 3, nous relevons qu'elle prend appui sur l'argument proposé par l'élève. Elle engage alors les élèves de la classe à expliciter les anticipations à réaliser pour restaurer un segment.

L'extrait ci-dessous montre la mise en œuvre d'interventions du type Com2-anti (S7-L67-68-PE-Ep3) :

- 65 PE : Qu'est-ce que vous avez mis Julia et Lisa ?
66 Lisa : Parce qu'elle n'a pas fini le point d'intersection
67 PE : Oui, il fallait d'abord faire le point d'intersection,
il fallait d'abord utiliser le code numéro 4 : //parcourt les traits à prolonger//,
avant de faire quoi ? Paul ?
68 PE : Avant de faire quoi ? Si elle avait d'abord bien fait son sommet, son point
d'intersection ?

Tableau 85: Extrait 12 -PE - S7 - Situation de décision

Le contenu de l'intervention de l'enseignante permet d'observer l'explicitation de la mise en relation des concepts de point, segment, avec les schèmes S3-prolonger et S2-relier, chez une élève (S7-Lisa : L72). Les propos de cette élève montrent qu'elle a identifié qu'il fallait d'abord reproduire le point avant de tracer le segment manquant, et que le point_{sommet} du polygone représente aussi l'extrémité du segment cherché. L'extrait ci-dessous montre que l'enseignante conclut alors en reformulant les propos de l'élève (S7-L74-PE-Ep3) :

- 71 PE : Qu'est-ce qu'elle aurait pu faire si elle avait son sommet ?
Qu'est-ce qu'il restait à faire ? Lisa ?
72 Lisa : Il fallait faire avant le sommet,
et après tracer le segment du sommet qu'on vient de faire
à l'autre sommet.
73 PE : Très bien

- 74 PE : Si on avait eu ce sommet-là : //pointe la zone du point B// en prolongeant évidemment pour obtenir un point d'intersection, il me restait plus qu'à poser la règle sur les 2 sommets : //pointe le point A et la zone du point B sur figure à compléter puis pointe les points A et B sur la figure modèle// pour tracer ; d'accord ?
- Il fallait donc utiliser le code numéro 1, c'était le 1 sur votre cahier, d'accord ? //montre le référent//

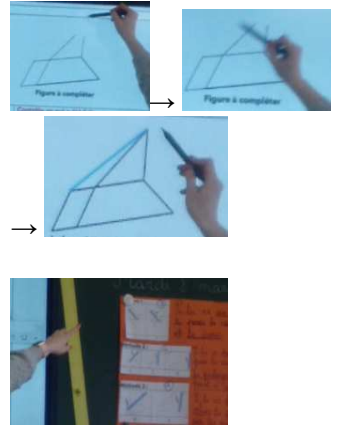


Tableau 86: Extrait13 -PE - S7 - Situation de décision

Dans l'épisode 6, nous identifions qu'elle prend appui sur l'argument proposé par l'élève pour orienter la classe vers le contrôle de la relation d'alignement indiquée sur la figure modèle. Pour cela, elle met en œuvre une intervention du type Com4-Cont-C : « Qu'est-ce qu'il fallait voir ? » (L145-PE-Ep6). Elle positionne son crayon sur l'alignement des deux segments et formule la règle d'action associée.

Exemple :

- 144 Élève : Il y a des segments alignés.
 145 PE : Qu'est-ce qu'il fallait voir ?
 146 Elya : Il fallait regarder avec sa règle si le segment était bien aligné mais il n'était pas bien aligné.
 147 PE : Oui, il fallait mettre sa règle sur le segment qui était aligné, celui-là : //montre l'alignement des segments avec son crayon//
 Regardez là, effectivement, il fallait mettre sa règle sur le segment-là, qui était aligné.

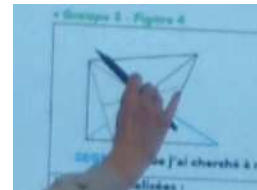


Tableau 87: Extrait 14 -PE - S7 - Situation de décision

Dans chacun de ces épisodes, l'enseignante prend donc en charge la vérification des arguments proposés par les élèves. Elle met en œuvre des gestes déictiques de parcours ou de pointage sur les informations pertinentes à mobiliser. Nous pouvons également observer sur de nombreux épisodes que l'enseignante conclut sur la validation de l'action instrumentée. Pour cela, elle prend appui sur le code d'utilisation géométrique de la règle institutionnalisé sur la « situation de validation » pour amener les élèves de la classe à valider les arguments proposés (S7-L19-21-PE-Ep1 ; S7-L115-PE-Ep5, L154-PE-Ep6) ou pour les valider elle-même (S7-L39-PE-Ep2 ; S7-L67-PE-Ep3 ; L74-PE-Ep4).

Nous indiquons ci-dessous en vert l'intervention de l'enseignante dont le contenu vise à mettre en relation l'argument proposé et les règles d'actions acceptées par la classe et institutionnalisées par l'enseignante :

Exemple 1 :

- 17 PE : Est-ce que vous êtes d'accord avec la justification de Kyara. ?
18 Classe : Oui
19 PE : Oui ?
Quel était le code de la règle qu'elle a utilisé ?
Regardez (montre le référent), j'ai remis les numéros de votre cahier.
Quel est le code qu'elle a utilisé pour cette méthode ?
- 20 Élève : Le 4
21 PE : Le 4 oui, effectivement :
(lit) « Si tu as 2 traits, alors tu peux les prolonger pour obtenir un point d'intersection »



Tableau 88: Extrait 15 -PE - S7 - Situation de décision

Exemple 2 :

- 100 PE : Oui, parce qu'elle a bien mis sa règle sur les 2 sommets.
C'est quel code ?
101 Classe : Code 1

Tableau 89: Extrait 16 -PE - S7 - Situation de décision

Conclusion concernant la gestion par l'enseignante de la validation par la classe d'une action instrumentée proposée par un élève

Quelles interventions mobilise l'enseignante dans la « situation de décision » lors de la gestion de la discussion et de la validation par la classe d'un argument produit par des élèves ? ($Q_{R-PE-Exp2D}$).

L'analyse montre que l'enseignante est intervenue dans chacun des « stades d'un dialogue argumentatif ». Elle a engagé les élèves de la classe à prendre position sur la validation de l'action instrumentée proposée par des questions du type Dis2. Son questionnement porte sur la validité des actions instrumentées réalisées. Il porte aussi sur la validité des arguments proposés par les élèves. L'enseignante a accompagné les élèves dans l'explicitation de leur pensée par des questions du type Dis3Q (« Pourquoi ? ». Ces moments permettent d'identifier des explicitations concernant la mise en relation entre les concepts et les règles d'action mobilisées. L'analyse des interventions du type Dis4 (Arguments) de l'enseignante permettent d'observer qu'elle a pris en charge la vérification des arguments proposés par les

élèves sur les figures. Enfin, nous pouvons relever que l'enseignante fait reposer la validation par la classe des arguments proposés sur des bases acceptables : elle met en relation les arguments proposés par les élèves avec les vérifications menées et le code d'utilisation de la règle accepté par la classe et qu'elle a institutionnalisé dans la « situation de validation ».

PARTIE IV : CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Chapitre 9 : Conclusions des recherches

La problématique de la validation au début de l'école élémentaire, dans le contexte de la restauration de figures, nous a amené à soulever plusieurs questions à l'origine de cette thèse. Ces questions concernent l'enseignement des concepts géométriques par la résolution de problèmes de restauration, ainsi qu'une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire.

Nous avons particulièrement traité les questions de recherche suivantes :

QR1 : Dans le contexte de la restauration de figures, comment amener des élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire ?

QR1a : Quels types de schèmes mobilisent les élèves de cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

QR2 : Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ?

Nous résumons, dans cette conclusion, les éléments de réponses apportés à ces questions dans ce travail. Nous envisagerons également de nouvelles questions et perspectives de recherche.

9.1 Conception d'une ingénierie didactique pour initier les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire, dans le contexte de la restauration de figures

Pour répondre à la question de recherche QR1, nous avons conçu une ingénierie didactique pour initier les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve à l'école élémentaire, dans le contexte de la restauration de figures (Perrin-Glorian et Godin, 2014).

Pour cela, nous avons pris appui sur les travaux de recherche relatifs à l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie plane à l'école élémentaire (e.g. Berthelot et Salin, 1992 ; Perrin-Glorian, Mathé et al., 2020) ; Duval, 2005, 2015). Nous avons également pris appui sur les travaux de recherche concernant une pratique d'argumentation, de preuve et de validation à l'école élémentaire (e.g. Balacheff, 1987, 2010 ; Duval, 1992-93 ; Plantin, 1990). Ces lectures nous ont permis d'identifier les outils théoriques à mobiliser pour élaborer notre ingénierie didactique (Brousseau, 1998). Notre méthodologie a reposé sur l'idée de mettre en relation connaître et prouver dans un processus d'apprentissage dans la perspective de développer conjointement conceptualisation en géométrie et schèmes d'utilisation des instruments (Verгдаud, 1991).

Les caractéristiques de notre ingénierie se résument de la manière suivante.

Dialectique de l'action et problèmes élaborés

Nous avons tout d'abord fait des choix de valeurs de variables pour élaborer des problèmes de restauration de figures (Perrin-Glorian et Godin, 2014) qui tiennent compte des connaissances initiales des élèves de CE1 (élèves de 7 ans), ainsi que des connaissances à faire émerger pour créer une dialectique de l'action (Brousseau, 1998). Nous avons également pris en considération la visualisation géométrique sur les figures (Duval, 2005, 2015). Nous avons fixé la valeur de la variable instruments mis à disposition à l'usage de la règle comme seul instrument. Nous avons ensuite donné des valeurs aux figures et à leurs amorces pour rendre fonctionnelle la représentation d'un point par l'intersection de deux demi-droites (Vieque, sous-presse). Cela nous a permis d'explicitier les différentes connaissances et compétences en jeu dans la résolution de la suite de problèmes que nous avons élaborés.

→ Le choix des valeurs données aux variables didactiques des problèmes de restauration de figures a été présenté dans la Partie II, section 3.1.

Étude des schèmes d'action

Nous avons alors défini les schèmes d'action (Vergnaud, 1991) appelés dans la dialectique de l'action élaborée (Brousseau, 1998). Nous avons étudié le contenu des composantes des schèmes des élèves. Nous avons mis en relation les règles d'action associées à l'usage géométrique de la règle avec le concept-en-acte de point et les théorèmes-en-acte à éprouver dans l'action.

→ L'étude des schèmes des élèves a été présentée dans la Partie II, section 3.5.

Fondement de la validation

Nous avons fait reposer la validation des actions instrumentées (Petitfour, 2015) sur le contrôle des conditions de validité de l'action ou de son adéquation (Vergnaud, 1991 ; Balacheff, 1987) sur toute la dialectique de situations élaborée (Brousseau, 1998). L'acceptation des arguments relatifs à l'adéquation d'une action instrumentée repose sur la vérification en acte de la valeur de vérité du théorème-en-acte implicitement mobilisé dans une règle d'action (Vergnaud, 1991) ; Plantin, 1996)

→ L'étude d'une pratique d'argumentation à l'école élémentaire a été présentée dans Partie II, section 3.3.2.

Étude des types de schèmes appelés dans la mise en œuvre d'une dialectique de situation d'action, de formulation, de validation (Brousseau, 1998) et de décision (Balacheff, 1987)

Nous avons fait reposer la définition du schème communicatif (Vergnaud, 1991) sur la communication des règles d'action intégrées dans les schèmes d'action que nous avons définis. Ce schème est appelé à être mobilisé dans une situation de formulation orale (voire écrite) (Brousseau, 1998) à autrui d'une action instrumentée (Petitfour, 2015). Nous avons ensuite fait reposer la définition du schème discursif (Vergnaud, 2001/2) sur le contrôle de la validité de la proposition d'une action ou de son adéquation pour restaurer un point ou un segment d'une figure. Ce schème peut être appelé à être mobilisé dans des situations de formulation, de validation (Brousseau, 1998) et de décision (Balacheff, 1987).

→ La définition de ces schèmes a été présentée dans la Partie II de la thèse, sections 3.5.2, 4.1.2 et 4.1.3.

Élaboration d'une dialectique de situations

Nous avons alors créé une dialectique de situations (Brousseau, 1998) dans lesquelles nous avons essayé de réunir les conditions nécessaires à l'adaptation des schèmes d'action. Notre but a été de favoriser l'émergence du schème

communicatif et du schème discursif dans la suite de situations de formulation, de validation et de décision.

Spécificité de la mise en œuvre des situations

Nous avons mis la réussite de la restauration de la figure en arrière-plan pour mettre en premier plan la question de savoir comment la validité d'une action instrumentée réalisée pour restaurer un point ou un segment peut être assurée. Nous avons donc posé l'enjeu de certitude dans les situations et engagé les élèves à chercher les actions instrumentées qui permettent de réussir à coup sûr la restauration d'un point ou d'un segment, avec l'usage de la règle (non graduée) comme seul instrument mis à disposition.

→ Les appuis théoriques mobilisés ont été présentés dans la Partie II, section 3.4.2.

Nous avons ensuite proposé à l'enseignant d'initier les élèves à une pratique d'argumentation et de preuve dans les « phases de validation » des productions. Nous lui avons proposé un scénario dont la structure prend appui sur la « définition de travail du dialogue argumentatif en quatre stades » de Plantin (1996).

→ Les appuis théoriques sur lesquels se fonde le scénario proposé ont été présentés dans la Partie II, section 3.3.2

Nous résumons le scénario proposé ci-dessous :

Lors de la mise en œuvre des situations d'action et de formulation, la mise à l'épreuve des propositions d'actions instrumentées par les élèves se déroule de la manière suivante :

Dans le « premier stade-une proposition », un élève-proposant formule à l'enseignant une action instrumentée qui permet, selon lui, de réussir avec certitude la restauration d'un point ou d'un segment de la figure modèle.

Dans le « deuxième stade-une opposition », l'enseignant met à l'épreuve l'action instrumentée formulée par l'élève-proposant. Si le contenu de l'énoncé formulé par l'élève-proposant est inadéquat, l'enseignant met en œuvre une contradiction pour montrer que la proposition d'action instrumentée ne convient pas. Sinon, il met en œuvre l'action instrumentée indiquée. Il engage alors les élèves à prendre position sur l'adéquation de la proposition en posant des questions du type : « êtes-vous d'accord avec la proposition ? ; qui est d'accord ? qui n'est pas d'accord ? »

Dans le « troisième stade-une question », l'enseignant pose une question en « pourquoi ? » aux élèves de la classe. Il pose des questions du type : pourquoi la proposition convient ? pourquoi la proposition ne convient pas ?

Dans le « quatrième stade-des arguments », l'enseignant recueille les arguments produits par les élèves. Il organise leur acceptation par les élèves de la classe par la vérification de la valeur de vérité du théorème-en-acte implicitement mobilisé

dans une règle d'action. Cela permet à l'enseignant de donner le statut de preuve aux arguments produits par les élèves.

Les contradictions menées ont pour but de permettre aux élèves de prendre conscience des conditions de réussite ou de l'échec d'une action.

La production d'arguments et leur acceptation ont pour but de permettre aux élèves et à l'enseignant d'explicitier les connaissances en jeu dans le contexte du problème de restauration proposé. Ces connaissances explicitées sont institutionnalisées par l'enseignant dans la phase de bilan, ainsi que les actions instrumentées acceptées comme adéquates dans le contexte du problème proposé.

Spécificité de la mise en œuvre de la situation de formulation

La situation de formulation proposée est une situation de formulation orale à autrui. Un premier élève est appelé élève proposant : il formule une proposition d'action instrumentée à un autre élève, dans le but de restaurer un point ou un segment d'une figure donnée. Les conditions posées visent à favoriser l'émergence du schème communicatif de l'élève-proposant.

Un deuxième élève est appelé élève-contrôleur-traceur. Son rôle est de contrôler l'adéquation du contenu de l'action instrumentée proposée avant de la mettre en œuvre. Notre but est d'inviter l'élève-contrôleur à s'appropriier le jeu mené par l'enseignant lors de la mise à l'épreuve des actions instrumentées proposées par les élèves. Les conditions posées visent ainsi à favoriser l'émergence et la mobilisation du schème discursif de l'élève-contrôleur-traceur. Nous avons appelé le jeu de cet élève : le jeu du contrôleur.

→ La définition des spécificités de la situation de la situation de formulation a été présentée dans la Partie II, section 3.4.2.

Spécificité de la mise en œuvre de la situation de validation

La situation de validation proposée se compose de deux phases principales.

Dans une première phase, les élèves sont amenés à produire les énoncés écrits des règles d'action implicitement mobilisées dans la suite des situations d'action et de validation dans les contextes des problèmes de restauration proposés

Dans la seconde phase, l'acceptation et la validation par les élèves des énoncés produits est organisée par l'enseignant. L'enseignant prend à nouveau appui sur les quatre stades d'un dialogue argumentatif pour conduire la validation des énoncés produits par les élèves. L'enseignant institutionnalise alors les énoncés des règles d'action validés par les élèves.

→ La définition des spécificités de la situation de validation a été présentée dans la Partie II, section 3.4.3.

Spécificité de la mise en œuvre de la situation de décision

La situation de décision proposée se compose également de deux phases principales.

Dans une première phase, les élèves sont amenés à produire un argument relatif à l'adéquation d'une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment d'une figure.

Dans la seconde phase, l'acceptation et validation par les élèves des arguments produits est organisée par l'enseignant. L'enseignant prend à nouveau appui sur les quatre stades d'un dialogue argumentatif pour organiser cette validation.

→ La définition des spécificités de la situation de la situation de décision a été présentée dans la Partie II, section 3.4.4.

9.2 Réponses aux questions de recherche

9.2.1 Rappel du contexte expérimental

- Durée de l'expérimentation, répartition des séances dans le temps

L'ingénierie de situations se compose de quatre situations d'action, deux situations de formulation, une situation de validation et une situation de décision.

En raison du contexte sanitaire (Covid 19) et de nos contraintes professionnelles, nous avons concentré l'expérimentation de l'ensemble de la dialectique de situations d'action, de formulation, de validation pendant les mois de novembre-décembre 2021, à raison d'une séance par semaine. La mise en œuvre de la situation de décision a quant à elle été expérimentée en mars 2022.

→ La répartition des séances dans le temps a été présentée dans la Partie III, section 5.3.

- Choix des enseignantes

Dans l'année 2020-2021, dans le cadre de notre contexte professionnel, en tant que Conseillère Pédagogique Départementale en Mathématiques dans le Pas de Calais, nous avons conçu et mené un contenu de formation sur l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie plane, ainsi que sur les problèmes de restauration de figures, à destination d'un groupe d'enseignants de la circonscription d'Auchel (Pas de Calais).

Deux enseignantes de CE1 (niveau de classe : élèves de 7 ans) de cette circonscription, ayant participé à cette formation, ont accepté de mettre en œuvre les situations de l'ingénierie que nous avons élaborée.

- Choix des élèves

Dans chacune des classes de CE1 (élèves de 7 ans), nous avons fait une étude qualitative de 6 élèves. L'activité des six élèves suivis a été filmé sur toutes les séances.

- Choix des données pour les analyses

Nos données étant plus riches et plus complètes sur l'une des deux classes, nous avons choisi de présenter l'analyse des données issues de la première classe uniquement. Mais nous obtenons le même type de résultats dans la seconde classe.

Les résultats que nous présentons reposent donc sur l'analyse de la mise en œuvre de l'ingénierie dans la classe d'une seule enseignante : analyse des productions des six élèves suivis et de la mise en œuvre des situations par cette enseignante.

Nous disposons néanmoins des données récoltées des 6 élèves suivis dans la seconde classe, ainsi que de la gestion de toutes les séances par la deuxième enseignante.

→ le type et le volume des données récoltées est présenté dans la Partie III, Section 7. Les données se trouvent dans les Annexes 7 à 14 pour la première classe, dans les Annexes 15 à 22 pour la deuxième classe.

9.2.2 Les types de schèmes mobilisés par les élèves dans la dialectique de situations d'action, de formulation, de validation et de décision élaborée

Nous répondons ici à la question :

QR1a : Quels types de schèmes mobilisent les élèves de cycle 2 (6-8 ans) dans une suite de situations d'action, de formulation, de validation et de décision ?

Les résultats montrent l'émergence et la mobilisation de trois types de schèmes. Nous présentons les résultats obtenus pour chacun des schèmes étudiés.

Mobilisation des schèmes d'action

La mise en œuvre de la suite des situations d'action a permis d'observer l'émergence et la mobilisation progressive de trois schèmes d'action associés à l'usage géométrique de la règle chez cinq élèves sur les six suivis : le schème « S3 : prolonger un segment », le schème « S2 : relier deux points » et « le schème S4 : reproduire un alignement de segments ». Ces schèmes se sont développés

conjointement au concept de point défini par l'intersection de deux demi-droites, au concept de segment défini comme une portion de droite délimitée par deux points appelés extrémités du segment, et au concept d'alignement de deux segments.

→ Les résultats, présentés dans la section 8.2, se traduisent de la manière suivante :

Les élèves ont fait évoluer leurs représentations sur le concept de point et cherchent à produire des points-*sommets* qui rendent compte des relations d'incidence existantes entre les points et les segments. Ainsi, à la fin de la mise en œuvre des quatre situations d'action, il est possible d'identifier dans l'action de cinq des élèves sur six le développement des formes opératoires des connaissances en jeu dans les problèmes proposés. Les élèves produisent un segment en prolongeant un autre segment. Ils savent prolonger un segment pour obtenir un autre segment ou une demi-droite. Pour cela, ils pensent à identifier et prélever des alignements de segments. Ils produisent le point-*sommet* d'un polygone qui compose la figure par l'intersection de deux demi-droites. Ils produisent également un segment de la figure en reliant les deux points représentant ses extrémités.

Mobilisation du schème communicatif

Ce schème est relatif à la communication des actions instrumentées associées à l'usage géométrique de la règle, conjointement à la mobilisation des concepts de point, de segment et de la relation d'alignement de deux segments

- La mise en œuvre des situations de formulation a permis d'observer l'émergence et la mobilisation du schème communicatif oral chez cinq élèves sur les six suivis. Les résultats, présentés dans la section 8.3 se traduisent de la manière suivante :

→ Les énoncés produits sont formulés dans un langage technique, ainsi que dans un langage courant (voire géométrique pour trois élèves sur les six suivis). Les élèves s'exercent à investir la « composante 2 : prises d'informations, règles d'action, contrôles » et la « composante 3 : invariants opératoires » du schème pour communiquer et faire comprendre les différentes actions élémentaires à réaliser. Pour cela, ils mobilisent le langage et des gestes. Le langage utilisé est varié. Les élèves mobilisent du langage courant, parfois du langage géométrique. L'usage du langage technique par les élèves repose sur le développement de leurs schèmes d'action. En effet, en fonction du développement des concepts et des schèmes d'action des élèves, nous avons constaté une émergence et une mobilisation plus ou moins significative du schème communicatif des élèves. Nous en déduisons que le développement de la forme prédicative des connaissances et des compétences en jeu s'est initié lors de la mise en œuvre de la « situation de formulation ». Son développement nécessiterait d'être poursuivi par la mise en œuvre d'autres situations de formulation.

- La mise en œuvre de la situation de validation a permis d'observer l'émergence et la mobilisation du schème communicatif écrit. Les élèves ont produit les énoncés écrits des règles d'action intégrées dans les schèmes d'action développés. Ils ont à nouveau mobilisé le langage technique, ainsi que le langage courant ou le langage géométrique. Les résultats, développés dans la section 8.4, se résument de la manière suivante :

→ Le schème communicatif des élèves se fonde ici sur le développement des schèmes d'action S3_{-prolonger} et du schème S4_{-reproduire-alignement}. En effet, nous pouvons relever que les binômes d'élèves communiquent oralement et par écrit sur les conditions nécessaires à la mise en œuvre d'une règle d'action. Ils ont en effet tous indiqué la nécessité de sélectionner un segment sur la figure. Certains ont également précisé la relation d'alignement existante entre le segment à représenter et le segment donné sur la figure. Les élèves communiquent également sur les deux actions élémentaires (AE1 et AE2) composant une action instrumentée. Nous notons néanmoins que l'enseignante est intervenue dans deux des groupes. Elle a posé des questions du type Com3-AE1 qui peuvent exercer une influence sur la présence ou non des éléments que nous venons d'indiquer.

→ Les schèmes d'action et le schème communicatif développés par les élèves permettent donc à la majorité des règles d'action écrites d'être comprises par autrui. Certaines sont à préciser. Nous en déduisons que le schème communicatif des élèves poursuit son développement. Il nécessite d'être enrichi au niveau du langage utilisé.

Mobilisation du schème discursif

- La mise en œuvre de la suite des situations de formulation a permis d'observer l'émergence du schème discursif chez deux élèves sur les six suivis. Ce schème est relatif au contrôle des conditions de validité d'une proposition d'action instrumentée. Ce schème a été observé dans les actions de deux élèves (Paul et Lisa). Ces deux élèves ont mis en œuvre des oppositions relatives aux propositions des actions instrumentées de leur binômes : ils ont montré, en acte, avec l'aide de la règle, des contradictions dans le contenu de la formulation de l'action instrumentée formulée par l'élève-proposant. Un des deux élèves (Paul) a produit des arguments pour indiquer à l'élève-proposant pour quelle raison l'énoncé de l'action instrumentée formulé ne convenait pas. Les résultats, présentés dans la section 8.3.6 et 8.3.7, se traduisent de la manière suivante :

→ Paul intervient spontanément sur le « deuxième stade : une opposition » en marquant clairement sa prise de position sur l'adéquation des informations communiquées pour positionner la règle. Paul intervient également spontanément sur le « quatrième stade : des arguments ». En effet, Paul produit un enchaînement d'arguments fondés sur ses connaissances sur les concepts de point, segment, d'alignement de segments et sur les schèmes d'action qu'il a développés.

• La mise en œuvre de la situation de décision a permis d'observer la mobilisation du schème discursif de cinq élèves sur les six suivis. Ces élèves ont produit des arguments oraux et écrits quant à la validité d'une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un segment d'une figure. Les élèves ont tout d'abord mobilisé leurs schèmes d'action pour produire des arguments en acte : ils ont vérifié les conditions de réalisation de l'action instrumentée à valider. Ils ont également vérifié, sur la figure modèle, les relations existantes entre les segments à restaurer et les segments donnés. Ils ont ensuite mobilisé leur schème communicatif : ils ont formulé à l'oral et à l'écrit pour quelle raison l'action instrumentée n'était pas adéquate. Certains arguments sont composés à la fois d'un critère reposant sur le contrôle des conditions d'adéquation de la règle d'action et sur le concept mobilisé (ou non). Les résultats, présentés dans la section 8.5.1, se traduisent de la manière suivante :

→ Exemples d'argument écrit :

• Antoine et Fabien :

« Oui, parce que tu as placé ta règle sur le bon segment aligné »

• Lisa et Julie :

« Non, parce qu'elle a pas fini le point d'intersection »

• Maël et Ethan :

« Non, parce que Madame a oublié de faire le sommet et le point d'intersection »

• Paul et Elysa :

« Non, parce que les côtés ne sont pas alignés. Tu aurais dû poser ta règle sur le segment aligné ».

9.2.3 Les connaissances et compétences mobilisées par les élèves relatives à la pratique de l'argumentation et de la preuve

Nous répondons ici à la question :

QR1b : Ces schèmes permettent-ils la construction des connaissances et des compétences préalables à la pratique de l'argumentation et de la preuve à l'école élémentaire ?

Nous rappelons que les résultats ont été obtenus dans des conditions ordinaires de classe.

Les résultats de cette expérimentation montrent qu'à la fin de la mise en œuvre de la dialectique de situations, quatre élèves sur les six suivis argumentent sur la validité d'une action instrumentée réalisée par autrui pour restaurer un point ou un

segment d'une figure (Paul, Elysa, Lisa, Fabien). Les arguments produits reposent sur le contenu des règles d'action développées et validées lors de la situation de validation, ainsi que sur les connaissances institutionnalisées localement lors de la mise en œuvre de la situation d'action et de formulation. Les énoncés produits mobilisent le langage technique et le langage courant et/ou géométrique.

Ainsi, à la fin de la mise en œuvre de l'ingénierie de situations, les résultats montrent que les schèmes d'action, le schème communicatif et le schème discursif développés par ces quatre élèves leur permettent de mobiliser des connaissances et des compétences nécessaires pour argumenter sur la validité d'une action instrumentée, dans le contexte de notre étude. Les résultats sont présentés en détail dans la section 8.5.1. Nous en présentons ici un extrait.

→ Exemple de contrôle réalisé (L06) et d'argument produit (L08) :



06		E : C'est pas ça, c'est pas ça // vérifie à son tour en positionnant sa règle sur le segment tracé//
07		P : Déjà on peut dire non : //coche : méthode non correcte//
08		E : (Observe la figure modèle) Regarde ils doivent être alignés : //montre l'alignement des deux segments en parcourant du doigt les deux segments alignés [AI] et [KC] sur la figure modèle//

Tableau 90 : Échanges entre les élèves dans la situation de décision - Binôme B1 (Paul et Elysa)

Par ailleurs, les données obtenues dans la deuxième classe confortent les conclusions obtenues sur l'argumentation des élèves dans la situation de décision finale. (Leurs productions se trouvent dans l'Annexe 18, p.632). Nous considérons donc que nous avons atteint les objectifs fixés dans l'élaboration de notre ingénierie.

9.2.4 Limites de la recherche

- Pour nous, la faible émergence des schèmes d'action et du schème communicatif chez certains élèves montre que l'analyse *a priori* du nombre de situations d'action et de formulation, ainsi que leur répartition dans le temps, serait à poursuivre. La mise en œuvre des situations de formulation aurait pu être différée. Cela aurait permis de proposer aux élèves des situations d'action complémentaires dans lesquelles ils auraient pu réinvestir et assimiler les différentes actions

instrumentées acceptées par la classe comme adéquates pour restaurer un point ou un segment, et institutionnalisées localement par l'enseignante.

De la même manière, un nombre plus important de situations de formulation serait nécessaire pour donner davantage de temps aux élèves de développer le langage technique sur lequel repose la communication des actions instrumentées. En effet, nous avons proposé deux situations de formulation. Les élèves ont donc joué le rôle de « proposant » une seule fois. C'est relativement peu pour développer le schème communicatif : le passage de l'action à la formulation des actions ne va pas de soi à ce niveau de classe en particulier (début CE1, élèves de 7 ans). Le développement du langage technique et du langage géométrique nécessite également du temps. De la même manière, les élèves ont joué le rôle de « contrôleur-traceur » une seule fois également, ce qui a réduit la possibilité d'observer des « phases de validation » (Brousseau, 1998) et l'émergence du schème discursif des élèves lors de la mise en œuvre de situations de formulation. Nous avons par ailleurs constaté une mauvaise interprétation du jeu du contrôleur. La proposition d'autres situations de formulation aurait également permis à certains élèves, dans le rôle d'élève-contrôleur, de comprendre les règles du jeu.

- Une seconde limite, liée à la précédente, concerne le fait que les schèmes se développent sur un temps long. Il serait nécessaire d'analyser les schèmes des élèves à plusieurs reprises dans le temps, et dans d'autres situations en géométrie, pour confirmer le développement des schèmes.

Concernant notre étude, nous pouvons dire que, dans le contexte des problèmes et des situations proposés, certains schèmes ont été mobilisés.

Pour renforcer nos résultats, nous aurions dû proposer et analyser des situations de réinvestissement pour étudier le réinvestissement et la stabilité des schèmes.

En raison du contexte sanitaire et de nos contraintes professionnelles, nous n'en avons pas eu la possibilité.

9.2.5 Interventions de l'enseignant qui impactent l'émergence et le développement des schèmes des élèves

Nous répondons ici à la question :

QR2 : Quelles interventions de l'enseignant impactent le développement des schèmes des élèves ?

Nous avons élaboré un scénario qui repose sur la définition de travail du dialogue argumentatif proposé par Plantin (1996). Nous avons remis ce scénario à

l'enseignante pour accompagner la gestion d'une pratique d'argumentation lors de la validation des propositions des élèves de sa classe. Nous avons également remis à l'enseignante des exemples de formulations des institutionnalisations locales associées aux problèmes proposés. Les documents ont été donnés en version numérique, sous un format modifiable. Ils se trouvent dans les Annexes 5 et 6 (p.394 et p.403)

Nos analyses ont porté sur le contenu des interventions de l'enseignante sur chacun des stades d'un dialogue argumentatif. Elles ont également porté sur le contenu des institutionnalisations locales menées. Nous avons cherché à caractériser le contenu des interventions de l'enseignant dans deux objectifs. Le premier était de mettre en relation le contenu des interventions de l'enseignante avec le contenu des interventions des élèves lors de leurs échanges. Nous avons ainsi pu identifier l'impact du contenu de certaines interventions sur l'émergence et la mobilisation des schèmes des élèves. Le second objectif, plutôt en arrière-plan, était d'identifier l'appropriation des enjeux relatifs à une pratique d'argumentation et de preuve dans l'enseignement des mathématiques.

9.2.5.1 Résultats

Le scénario proposé a permis à l'enseignante d'articuler le contenu de ses interventions aux différents stades d'un dialogue argumentatif.

→ Les résultats sont présentés dans la section 8.3.9. Nous présentons ci-dessous des exemples.

- Ses interventions ont permis de remettre en question les schèmes mobilisés par la mise en œuvre de contradictions :

Exemple :



115 PE : On met la règle sur le point d'intersection et après on tourne la règle comme on veut et on trace //pivote la règle autour du point H//.

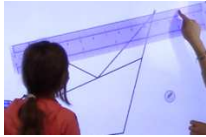
Dis2-Com3-contr-ig
Dis2-méd-val/doute

Vous êtes d'accord ?

Tableau 91: Extrait PE - Exemple de mise en œuvre de contradictions

- Ses interventions ont permis d'institutionnaliser localement les schèmes à mobiliser. Le langage technique est utilisé.

Exemple :



70 PE : Oui, je mets ma règle sur les 2 points : méthode numéro 3 // montre le référent correspondant à la méthode //

LT



71 PE : Répète les méthodes apprises sur les séances 1 et 2 :
Je mets ma règle soit sur 2 points, soit sur un trait

LT

Et puis ?

Tableau 92: Extrait PE - Exemple de moments d'institutionnalisation locale des connaissances et compétences mobilisées - utilisation du langage technique et du langage géométrique

- Ses interventions ont permis de faire valider par les élèves un schème mobilisé, par la vérification de la valeur de vérité du théorème en acte mobilisé. L'enseignante a adopté un langage technique et a conduit les élèves à le mobiliser.

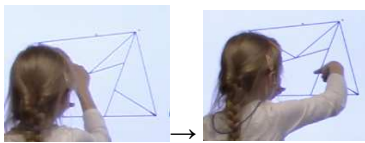


138 Kyara : La règle, il faut la coller là :
// parcourt le segment [AI] sur la figure à compléter //

Arg-é

139 PE : Ah, pourquoi je vais coller ?
Pourquoi je vais mettre ma règle sur ce trait-là ?

Dis3-Q



140 Kyara : Pour relier ici :
// parcourt du doigt le segment [CK] puis le segment [IA] sur la figure modèle //

Arg-é

Tableau 93: Extrait PE - Exemple de moment où le contenu de l'intervention de l'enseignante permet aux élèves de valider un schème mobilisé, par la vérification de la valeur de vérité du théorème-en-acte implicitement mobilisé.

Exemple :

- Ses interventions ont permis de valider le schème mobilisé, en prenant appui sur les savoir-faire qu'elle avait institutionnalisés :

19 PE : Oui ?
Quel était le code de la règle qu'elle a utilisé ?
Regardez (montre le référent), j'ai remis les numéros de votre cahier.
Quel est le code qu'elle a utilisé pour cette méthode ?



Tableau 94: Extrait PE - Exemple de validation par l'enseignante d'un schème mobilisé en appui sur les énoncés des règles d'action acceptés, validés et institutionnalisés lors de la situation de validation.

→ Nous présentons ci-dessous des exemples d'impact positif sur la mobilisation du schème communicatif. Le contenu des interventions s'identifie dans le contenu des interventions des élèves :

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Effet positif sur le contenu de l'intervention de certains élèves
A	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type « Je pose ma règle où ? Je mets ma règle sur quoi ? » (S1-PE : L45) ; « Je la mets sur quoi ? Sur quel trait je mets ma règle ? (S1-PE : L78 ; 80). 	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « Lequel ? tu dois me dire tu poses la règle sur... Alors je pose ma règle sur quoi ? Sur ça ? Comme ça ? montre ! » (S5-Lisa : L07)
B	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des questions du type : « Sur quel trait je mets la règle ? Montre-moi » (S1-PE : L80). 	<ul style="list-style-type: none"> • Questions, indications données : « Comme ça tu veux dire ? En fait tu dois dire : sur ce trait : //parcourt son doigt sur le segment [EJ]// » (S4-Antoine : L07) « Si tu veux qu'on fait celui-là : //montre le segment [DJ"] avec son doigt//, ben tu me dis tu mets la règle sur ce trait-là : //positionne sa règle sur le segment [DJ"]//.(S4-Antoine : L07)

Tableau 95: Exemples d'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème communicatif des élèves.

→ Il en est de même pour la mobilisation du schème discursif :

	Contenu de l'intervention de l'enseignante	Contenu de l'intervention de certains élèves
A	« Comme ça ? : // positionne la règle sur un seul point et dans une direction contradictoire à celle du segment cherché // » (S3-PE : L78).	« Comme ça ? : //positionne la règle sur le point A, volontairement dans une direction contradictoire à celle du segment cherché// » (S4-Paul : L17 ;19)

Tableau 96: Exemples d'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème discursif des élèves.

Conclusion

Plusieurs compétences relatives à la gestion des processus de validation des élèves ont été constatées : recueillir les propositions des élèves ; les engager à prendre position sur la validité d'une proposition ; filtrer les prises de position des élèves ; poser des questions en « Pourquoi » pour engager les élèves à argumenter leurs prises de position ; soutenir l'explicitation de leur pensée ; organiser des vérifications en acte de la valeur de vérité des arguments proposés ; expliciter les connaissances associées.

D'autres compétences relatives à la gestion du processus d'institutionnalisation des connaissances et compétences ont également été constatées. Elles ont été observées pendant la phase de validation : prendre appui sur les vérifications de la valeur de vérité pour faire expliciter les connaissances en jeu par les élèves ; reformuler les connaissances dans un langage géométrique, les compétences dans un langage technique. Elles ont également été observées lors des institutionnalisations locales de connaissances et compétences : prendre appui sur

les contradictions menées pour amener les élèves à expliciter à nouveau des raisons des échecs de certaines propositions, puis à expliciter les raisons de la réussite des autres actions ; exposer les connaissances et compétences en jeu dans le contexte du problème proposé ; prendre appui sur les référents pour appuyer la validité des actions proposées sur des actions adéquates déjà acceptés dans le contexte d'autres problèmes.

9.2.5.2 Interprétation des résultats et limites de la recherche

- Les résultats reposent sur la mise en œuvre par deux enseignantes du scénario que nous leur avons proposé, à la fois pour gérer les processus de validation et d'institutionnalisations locales de connaissances et compétences. Ils s'appuient aussi sur le contenu des documents que nous leur avons transmis.

Par ailleurs, cette mise en œuvre a été réalisée en notre présence. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que les enseignantes ont suivi le scénario proposé dans la volonté d'être au plus proche de nos attentes. Cependant, il nous faut prendre en considération que la mise en œuvre effective par les enseignantes repose également sur d'autres composantes qui sont spécifiques au métier (e.g. Robert et Rogalski, 2002).

- Les analyses montrent que les enseignantes ont parfois « empêché » le tracé de demi-droites sur la figure, ou « freiné » le tracé de « longues lignes droites » lors du tracé des demi-droites. Elles ont également conseillé aux élèves de gommer les traits de construction pour ne laisser apparents que le point, le sommet du polygone obtenu.

Notre réflexion porte sur la conception des enjeux mathématiques que nous avons essayé de transmettre aux enseignantes. Comment les enseignant-e-s adaptent-ils leurs interventions en fonction de leurs connaissances et compétences personnelles en mathématiques et en fonction du niveau de classe ? Quels implicites sur ces connaissances et compétences faudrait-il lever ?

Nous soulevons la limite suivante : les informations communiquées aux enseignantes étaient-elles suffisantes lors de la dévolution de l'ingénierie de situations ? Faut-il opérer autrement ? Serait-il pertinent d'élaborer des documents pour accompagner les enseignant-e-s dans l'élaboration d'outils professionnels comme des progressions ? Sur quoi faire porter l'attention en termes de connaissances mathématiques en fonction du niveau de classe ?

- Notre réflexion porte également sur la conception des enjeux sous-jacents à une pratique d'argumentation et de preuve que nous avons essayé de transmettre par la mise en œuvre d'un scénario spécifique.

Nous avons en effet constaté que la deuxième enseignante a mobilisé une preuve par empirisme naïf (Balacheff, 1987) pour valider les énoncés des règles d'action

lors de la situation de validation : elle a fait vérifier par les élèves, sur trois exemples, que la proposition d'un énoncé d'une règle d'action permettait effectivement de restaurer un point ou un segment, pour ensuite le faire valider par les élèves.

Nous soulignons tout d'abord que sa démarche reste cohérente avec la validation pragmatique pratiquée à l'école élémentaire. L'empirisme naïf fait partie des preuves pragmatiques au sens de Balacheff (1987), et s'inscrit dans la dimension « action », qui reste la plus accessible quant à une pratique de la preuve à l'école élémentaire. De plus, sa démarche est facilitée par le contexte de la restauration de figures où la manipulation est possible. L'enseignante aurait-elle procédé de la même façon dans un autre domaine mathématique, où la manipulation n'aurait pas été possible ? Mais le fait que nous constatons ici permet de soulever que, même si nous avons créé une dialectique étroite entre les situations d'action, de formulation, de validation et de décision, la distance reste grande entre la manipulation et la formulation, ainsi qu'entre la formulation et la validation.

Cela nous amène à soulever comme limite la perception des enjeux sous-jacents au lien existant entre les processus de validation et d'institutionnalisation des savoirs et savoir-faire que nous avons essayé de transmettre aux enseignantes.

En effet, dans la gestion de la validation des énoncés des règles d'action que nous venons d'évoquer, les énoncés des règles d'action produits pouvaient être corrects mais non formulés correctement...

Qu'en est-il de la conception des enseignants à ce sujet ? Acceptent-ils d'institutionnaliser des énoncés provisoires au sein de leur classe ? Quel discours tiennent-ils à propos de ces énoncés ? c'est-à-dire sur le fait de faire accepter un énoncé provisoire par les élèves jusqu'au moment où un contre-exemple viendra montrer une faille dans cet énoncé ?

Chapitre 10 : Perspectives

Nos perspectives de recherche peuvent être résumées suivant trois axes principaux : la conception d'autres ingénieries de situations intégrant des situations de décision, l'étude des pratiques enseignantes dans la mise en œuvre de situations appelant une pratique d'argumentation et de validation, la formation des enseignant-e-s.

10.1 Perspectives axées sur la conception d'ingénierie de situations intégrant des situations de décision

A court terme, nous envisageons tout d'abord d'enrichir l'ingénierie de situations élaborée, et de l'expérimenter à nouveau. En effet, concernant l'analyse des schèmes des élèves, les difficultés identifiées chez certains élèves nécessitent d'être prises en considération. L'analyse de ces difficultés montre notamment qu'il y a des connaissances spatiales sur lesquelles les élèves ont besoin de s'appuyer pour faire de la géométrie (e.g. Brousseau, 2001 ; Salin, 2014 ; Houdement, 2019) et qui ne sont pas encore construites ou sont à consolider chez ces élèves. Les situations que nous avons élaborées peuvent être trop ambitieuses pour certains élèves de CE1. Pour ces élèves, la proposition de situations avec usage de gabarits de formes (Mathé et al. 2020, p.123-125) pourrait leur permettre d'apprendre à superposer des surfaces pour voir des alignements entre les bords de surfaces. En effet, la transition entre une vision surfaces à une vision lignes sur les figures nécessite d'être soutenue sur un temps suffisamment long. La proposition de situations avec usage de gabarits grignotés pourrait notamment les amener à reconstituer un sommet en prolongeant des côtés. Cela nous amène à redéfinir les valeurs que nous avons données aux variables didactiques « figure » et « amorce ». En effet, ces valeurs ne se traduisent pas en termes de types de tâches à réaliser mais en termes d'objectifs d'apprentissage. L'explicitation des valeurs que nous avons réalisées permet de préciser les relations que l'élève pourrait voir sur une figure ou les relations que l'on voudrait que les élèves apprennent à voir sur une figure.

Ces constats nous conduisent à la perspective de recherche suivante :

PR1 : Comment penser la conception et la mise en œuvre de situations de restauration avec l'usage de gabarits de formes et de la règle pour amener les élèves du cycle 2 (6-8 ans) à acquérir les connaissances spatiales nécessaires aux apprentissages géométriques ?

A moyen terme, nous envisageons la conception d'autres ingénieries de situations intégrant des situations de décision, dans le contexte de la restauration de figures. Un des objectifs serait de poursuivre notre réflexion sur le développement conjoint de la conceptualisation en géométrie et des schèmes d'utilisation des autres instruments (gabarits de formes, reporteur de longueur, compas) (Mathé et al. 2020), toujours au cycle 2 (élèves de 6-8 ans). Avec l'usage d'un reporteur de longueur combiné à celui de la règle, il s'agirait de rendre fonctionnel la production d'un point vu comme point d'intersection d'une demi-droite (ou une droite, un segment) avec un trait de report de longueur. Avec l'usage du compas, il s'agirait, par exemple, de rendre fonctionnel la production d'un point vu comme point d'intersection de deux cercles (ou d'un cercle avec un arc de cercle).

Un autre des objectifs poursuivis serait d'étudier le développement des processus de validation et d'argumentation chez les élèves sur le long terme. Nous pensons pour cela suivre une cohorte d'élèves dans une même école, sur l'ensemble du cycle 2, voire du cycle 2 au cycle 3. En effet, nous envisageons également la possibilité de mener des recherches reposant sur l'élaboration de scénarios similaires au cycle 3 (élèves de 8-11 ans). L'idée que nous avons serait, dans une continuité avec un travail mené au cycle 2 sur le développement des schèmes d'utilisation des instruments et sur une pratique d'argumentation, de chercher comment investir le « coût des instruments ». Il s'agit en effet d'une des variables didactiques proposées par les problèmes de restauration de figures (Mathé et al. 2020). Pour nous, cette variable est à mobiliser lorsque les élèves ont développé un ensemble suffisamment conséquent des schèmes associés aux instruments proposés. Une progression pourrait alors être pensée relativement au nombre d'instruments mis à disposition et à leur coût. Nous voyons là un moyen de poursuivre l'apprentissage d'une pratique d'argumentation et de validation initiée par notre ingénierie de situations.

Une autre de nos perspectives de recherche est donc la suivante :

PR2 : Quels autres ensembles de situations d'action, de formulation, de validation (Brousseau, 1998) et de décision (Balacheff, 1987) élaborer dans le contexte de la restauration de figures (Mathé et al. 2020) pour agir sur le développement de la conceptualisation en géométrie, des schèmes d'usage des instruments et sur les processus d'argumentation et de validation des élèves de l'école élémentaire, du cycle 2 au cycle 3 ?

Nous soulevons également la question de l'âge des élèves. Quelle pratique d'argumentation et de validation envisager chez des élèves plus jeunes ? chez des élèves plus âgés ? En effet, à propos des situations appelant des processus de validation, Brousseau (1998) soulève qu'il « est regrettable que la géométrie enseignée dans le secondaire n'utilise pas ces processus, alors qu'elle peut se justifier comme premier exemple de la pensée axiomatique en face d'un champ naturellement maîtrisé par d'autres moyens » (p.112). C'est la raison pour laquelle il nous semble important d'adopter un point de vue plus large et de penser la conception et la mise en œuvre de situations de décision du cycle 2 au cycle 3, voire au cycle 4.

A plus long terme, nous envisageons la conception d'autres ingénieries de situations intégrant des situations de décision, dans d'autres contextes mathématiques. Dans le cadre de notre étude, nous avons fait reposer la validation sur le contrôle des conditions de l'action, et avons cherché à construire les règles d'action sous-jacentes au développement des schèmes des élèves. Nous avons notamment pris appui sur les travaux de Balacheff (1987) et Vergnaud (2001/2) qui soulignent la nécessité de faire un pas de côté par rapport à l'action, et de poser la question des conditions de validité de l'action ou de son adéquation. Nous nous interrogeons donc sur la possibilité de transposer notre ingénierie dans d'autres domaines mathématiques. En effet, la manipulation d'objets matériels comme des instruments de tracés n'est pas possible dans tous les domaines mathématiques. Comment procéder dans ces autres domaines ?

Une autre de nos perspectives de recherche est la suivante :

PR3 : Quelles situations de décisions (Balacheff, 1987) peut-on élaborer dans d'autres domaines mathématiques pour engager les élèves dans des processus d'argumentation et de validation à l'école élémentaire ?

10.2 Perspectives axées sur les pratiques enseignantes

A moyen terme, un autre axe de nos perspectives concerne les pratiques enseignantes. En effet, l'analyse de la mise en œuvre du scénario donné aux enseignantes pour gérer la validation par les élèves des propositions montre une certaine appropriation de ce dernier, avec la mise en œuvre de gestes professionnels spécifiques : prise d'appui sur les procédures effectives des élèves, explicitation de ces procédures, validation, synthèse, institutionnalisation. Ces gestes professionnels ne sont pas sans lien avec l'exercice d'une certaine « vigilance didactique » (e.g. Butlen et al. 2009) de la part des enseignantes dans la mise en œuvre du scénario proposé. Concernant les enseignantes, elles avaient accepté de participer à l'expérimentation de notre séquence, mais nous n'avions pas analysé au préalable leurs pratiques ordinaires. Comment prendre en considération l'aptitude des enseignantes à transférer des gestes professionnels déjà maîtrisés aux situations que nous avons proposées ? leur aptitude à transposer les savoirs qu'elles maîtrisaient en savoirs pour la classe ?

Par ailleurs, le scénario que nous avons proposé aux enseignantes pour mener une pratique d'argumentation et de preuve en classe n'est pas étranger aux propositions de Stylianides (2016). D'autres scénarios alternatifs sont à penser pour étudier le rôle de l'enseignant dans de nouvelles recherches comme le préconisent Mariotti et al. (2018). Pour nous, c'est effectivement en plaçant les enseignants dans des situations appelant une pratique d'argumentation et de preuve qu'il sera possible d'analyser leur rôle, les compétences mobilisées, à mobiliser, et identifier des besoins de formation.

Cela nous conduit à soulever les deux perspectives de recherche suivantes :

PR4 : Quel niveau de vigilance didactique (e.g. Butlen et al. 2009) est exercé par les enseignant-e-s lors de la mise en œuvre de situations appelant des processus d'argumentation et de validation (e.g. Mariotti et al. 2018 ; Stylianides, 2016) dans le contexte de la restauration de figures (e.g. Mathé et al. 2020) ?

PR5 : En quoi et comment la mise en œuvre de situations appelant des processus d'argumentation et de validation (e.g. Mariotti et al. 2018 ; Stylianides, 2016) pourrait permettre une évolution du niveau d'exercice de la vigilance didactique (Butlen et al. 2009) exercée par les enseignant-e-s dans le contexte de la restauration de figures (Mathé et al. 2020) ?

10.3 Perspectives axées sur la formation des enseignants

A moyen terme, en lien avec les deux axes de recherche précédemment cités, et en appui sur les travaux de Stylianides (2016) et Mariotti et al. (2018), nous envisageons de mener nos recherches dans le cadre d'une ingénierie didactique de développement (Perrin-Glorian, 2011) pour engager notre réflexion sur la formation des enseignant-e-s, dans la perspective d'initier une pratique d'argumentation et de preuve dans l'enseignement de la géométrie plane à l'école élémentaire.

Une ingénierie didactique pour le développement permet en effet de questionner la diffusion, dans l'enseignement ordinaire, d'une ingénierie didactique « pour la recherche ». Notre objectif serait alors de prendre en considération les pratiques ordinaires des enseignant-e-s et leurs conditions d'évolution, d'identifier les besoins des enseignant-e-s en termes de ressources et de formation, à la fois pour la formation initiale et la formation continue, dans le contexte de la mise en œuvre de situations appelant une pratique d'argumentation et de validation dans le cadre de la restauration de figures (Mathé et al, 2020).

Pour cela, nous envisageons la conception d'autres scénarios de formation, comme l'ont fait Butlen, Masselot et al. (2009). La conception de dispositifs de formation et d'accompagnement, intégrant le compagnonnage du formateur au sein des classes est un moyen possible pour observer au plus près les pratiques effectives des enseignants sur des temps longs, d'organiser des entretiens individuels pour recueillir les conceptions des enseignants, ou encore d'organiser des entretiens réflexifs entre pairs.

D'une part, il s'agirait d'étudier les connaissances et de compétences à apporter en formation pour que les enseignant-e-s perçoivent les enjeux sous-jacents à l'usage géométrique des instruments et à la compréhension des concepts géométriques auxquels ils sont associés. Il s'agirait également d'accompagner les enseignants dans l'élaboration de leurs outils professionnels comme les progressions : préciser des jalons de progressivité relatifs aux relations à identifier entre une figure et son amorce, aux connaissances spatiales à construire sur l'ensemble du cycle 2. A propos des connaissances en jeu, nous nous interrogeons sur les apports et les exemples à apporter en formation pour montrer aux enseignant-e-s que les preuves sont porteuses de connaissances mathématiques et qu'elles en favorisent la compréhension, comme l'indiquent Hanna et Barbeau (2010).

D'autre part, il s'agirait d'étudier comment former et accompagner les enseignant-e-s de l'école élémentaire pour initier dans leurs pratiques la mise en œuvre de scénarios relatifs à une pratique d'argumentation, de validation et de preuve, à alterner différentes pratiques dans leur enseignement.

Bibliographie

- Allard, C. (2018). Étude du processus d'institutionnalisation dans les pratiques effectives de fin d'école primaire : Le cas de l'enseignement des fractions. *Actes du séminaire de didactique des mathématiques de l'ARDM*, (p.192-209).
- Allard, C. (2015). *Étude du processus d'Institutionnalisation dans les pratiques de fin d'école primaire : Le cas de l'enseignement des fractions*. Thèse de doctorat.
- Balacheff, N. (1987). Processus de preuve et situations de validation. *Educational Studies in Mathematics*, 18(2), (p.147-176).
- Balacheff, N. (2010). Bridging Knowing and Proving in Mathematics : a didactical perspective. *Explanation and Proof in Mathematics. Philosophical and Educational Perspectives*, (p.115-135).
- Balacheff, N. (2011). CK ϵ , un modèle pour relier connaissance et preuve en didactique des mathématiques. Dans *Du mot au concept : Preuve*. (p. 9-32).
- Balacheff, N. (2017). Contrôle, preuve et démonstration. Trois régimes de la validation. *Séminaire national de didactique des mathématiques*. Vol. 2018, (423-456). IREM de Paris - Université Paris Diderot.
- Balacheff, N. (2019a). Bridging Knowing and Proving in Mathematics : A Didactical Perspective. *Explanation and Proof in Mathematics: Philosophical and Educational Perspectives*.
- Balacheff, N. (2019b). *L'argumentation mathématique, précurseur problématique de la démonstration*. XXVI^e Colloque CORFEM, 2019, Strasbourg.
- Barrier, T., Hache, C. et Mathé, A.-C. (2014). Droites perpendiculaires au CM2 : restauration de figure et activité des élèves. *Grand N*, 93, (p.13-37).
- Berthelot, R., et Salin, M. H. (2000). L'enseignement de la géométrie au début du collège. Comment concevoir le passage de la géométrie du constat à la géométrie déductive ? *Petit x n°56*, (p.5-34).
- Berthelot, R., Salin, M.H. (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux.
- BO n° 11 du 26/11/2015. (2015). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*.
- BO n°30 du 27/07/2018. (2018). *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*.
- Brousseau, G. (1982a). D'un problème à l'étude a priori d'une situation didactique. *2^e École d'été de Didactique des Mathématiques*, (p.39-60).

- Brousseau, G. (1982b). Les objets de la Didactique des mathématiques. 2^e École d'été de Didactique des Mathématiques, (p.10-60).
- Brousseau, G. (1988). Le contrat didactique et le concept de milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. Vol 9 n°3, (p.309-336).
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques: Didactique des mathématiques 1970-1990*. Grenoble. La pensée sauvage.
- Brousseau, G. (2000). Les propriétés didactiques de la géométrie élémentaire. L'étude de l'espace et de la géométrie. Dans U. de Crète (Éd.), *Les propriétés didactiques de la géométrie élémentaire ; l'étude de l'espace et de la géométrie*, (p. 67-83).
- Brousseau, G. (2001). Les propriétés didactiques de la géométrie élémentaire. L'étude de l'espace et de la géométrie. Dans *Actes du Séminaire de Didactique des Mathématiques. Rethymon 2000*, Grèce : Université de Crète, (p. 67-83).
- Brousseau, G. (2010). Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques (1998).
- Bulf, C., Mathé, A.C., et Mithalal, J. (2014). Apprendre en géométrie, entre adaptation et acculturation. Langage et activité géométrique. *Spirales - Revue de Recherches en Éducation*, 54, (p.29-48).
- Bulf, C., Mathé, A.C., et Mithalal, J. (2015). Langage, résolution de problèmes et construction de connaissances en géométrie. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 35(1), (p.7-36).
- Butlen, D., Pezard, M., et Masselot, P. (2007). De l'analyse des pratiques à des scénarios de formation: Accompagnement en mathématiques de professeurs des écoles nouvellement nommés dans des écoles de milieux défavorisés (ZEP/REP), *Cahier de Didirem*, (p. 1-153). Université Paris 7 - Denis Diderot.
- Butlen, D., Pezard, M et Masselot, P. (2009). Gestes et routines professionnels : un enjeu pour analyser et intervenir sur les pratiques enseignantes.
- Butlen, D. et Robert, A. (2012). Interroger la profession en didactique des mathématiques, un filtre pour apprécier les activités possibles des élèves et des enseignants et réinterroger la didactique.
- Celi, V., et Bulf, C. (2016). Essai d'une progression sur le cercle pour l'école primaire une transition clé : Du gabarit au compas. *IREM - Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques de Grenoble*, Grand N,97, (p.21-58).

- Charnay. (1999). Apprentissage et argumentation. Dans *Vrai ? Faux ? ... On en débat ! De l'argumentation vers la preuve en mathématiques au cycle 3*. Institut national de recherche pédagogique, (p. 17-26).
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologie du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19/2, (p.221-266).
- Coulange, L. (2012). *L'ordinaire dans l'enseignement des mathématiques. Les pratiques enseignantes et leurs effets sur les apprentissages des élèves*. HDR
- Douady, R. (1984). *Jeux de cadres et dialectiques outil-objet dans l'enseignement des Mathématiques. Une réalisation dans tout le cursus primaire*. Thèse de doctorat.
- Duval, R., (1990). Pour une approche cognitive de l'argumentation. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 3, (p.195-221). Strasbourg : IREM de Strasbourg.
- Duval, R. (1991). Structure du raisonnement déductif et apprentissage de la démonstration. *Educational Studies in Mathematics*, 22, (p.233-261). Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Duval, R. (1992-1993). Argumenter, démontrer, expliquer, continuité ou rupture cognitive ? *Petit x n°31*, (p.37-61).
- Duval, R. et Egret, M.A. (1993) Introduction à la démonstration et apprentissage du raisonnement déductif. *Repères IREM*, Vol12, (p.114-140).
- Duval, R. (2005). Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements, (p.5-53).
- Duval, R. (2015). Chap. 6 - Figures et visualisation géométrique : « voir » en géométrie. Dans *FIGURE - Du mot au concept*. PUG, (p.147-182).
- Duval, R., et Godin, M. (2005). Les changements de regard nécessaires sur les figures. *Grand N*, 76, (p.7-27).
- Hanna, & Barbeau, E. (2008). Proofs as bearers of mathematical knowledge | Semantic Scholar. *ZDM Mathematics Education*, 40, (p.345-353).
- Hanna, G. (2000). Proof, Explanation and Exploration : An overview. *Educational Studies in Mathematics*, 44, (p.5-23).
- Hanna, G. et De Villiers, M. (2008). Proof and Proving in Mathematics Education. *ICMI Study 19, ZDM*, 40(2), 329-336)
- Houdement, C. (2006). Rationalité en géométrie, une affaire de paradigme ? Dans N. B. et C. Mary (Éds.), *EMF 2006. Espace Mathématique Francophone*.

- Houdement, C. (2007). A la recherche d'une cohérence entre géométrie de l'école et géométrie du collège. *Repères IREM n° 67*, (p.69-84).
- Houdement, C., et Kuzniak, A. (1999). Géométrie et paradigmes géométriques. *Petit x n°51*, (p.5-21).
- Houdement, C., et Kuzniak, A. (2006). Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie. *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives, Vol 11*, (p.175-193).
- Houdement, C. (2019). Le spatial et le géométrique : le yin et le yang de l'enseignement de la géométrie. Dans S. Coppé, E. Roditi et al. (Eds). *Nouvelles perspectives en didactique : géométrie, évaluation des apprentissages mathématiques. XIXe école d'été de didactique des mathématiques, 2017, Vol 1*, La pensée sauvage, (p.19-45)
- Keskessa, B., Perrin-Glorian, M.J. et Delplace, J.R. (2007). Géométrie plane et figures au cycle 3. *Grand N, 79*, (p.33-60).
- Laborde, C. (1988a). L'enseignement de la géométrie en tant que terrain d'exploration de phénomènes didactiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol 9, n°3*, (p.337-363).
- Laborde, C. (1988b). Problèmes de l'enseignement de la géométrie au collège. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, (p.75-93).
- Maher, C. A., et Martino, A. M. (1996). The Development of the Idea of Mathematical Proof: A 5-Year Case Study. *Journal for Research in Mathematics Education, Vol 27(2)*, (p.194-214).
- Mariotti, M. A., Durand-Guerrier, V. et Stylianides, G. J. (2018). Argumentation and proof. In T. Dreyfus, M. Artigue, D. Potari, S. Prediger et K. Ruthven (Éds.), *Developing research in mathematics education—Twenty years of communication, cooperation and collaboration in Europe*, (p. 75-89). Routledge.
- Mathé, A.C., Maillot, V., et Ribennes, J. (2021). Enjeux langagiers, situations de formulation et de validation en géométrie. Un exemple de travail autour du cercle en CE2. *Repères IREM - Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques de Grenoble, 108*, (p.27-57).
- Mathé, A.C., et Mithalal, J. (2019). L'usage des dessins et le rôle du langage en géométrie : Quelques enjeux pour l'enseignement. *Actes de la XIXe École d'été de didactique des mathématiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Mathé, A.C., Perrin-Glorian, M.J. et Barrier, T. (2020). *Enseigner la géométrie élémentaire : Enjeux, ruptures et continuités*. Academia - L'Harmattan.
- Ouvrier-Buffet, C. (2018). Quels outils pour analyser l'activité de preuve en mathématiques à l'école primaire ? Propositions à partir d'une situation de

- recherche en CM1/CM2. *Actes du séminaire de didactique des mathématiques 2018*.
- Parzysz, B. (1988). "Knowing" vs "seeing". Problems of the plane representation of space geometry figures. *Educational Studies in Mathematics*, 19(1), (p.79-92).
- Perrin-Glorian, M.J. (1993). Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans les classes « faibles », *Recherches en didactique des mathématiques*, 13(12), (p.5-118).
- Perrin-Glorian, M.J., et Godin, M. (2014). De la reproduction de figures géométriques avec des instruments vers leur caractérisation par des énoncés. *Math-École* 222, (p. 26-36).
- Perrin-Glorian, M.-J., et Godin, M. (2018). Géométrie plane : pour une approche cohérente du début de l'école à la fin du collège, (p.1- 41).
- Perrin-Glorian, M.-J., et Hersant, M. (2003). Milieu et contrat didactique, outils pour l'analyse de séquences ordinaires, *Recherches en didactique des mathématiques*, 23(2), (p.217-276).
- Perrin-Glorian, M.-J., Mathé, A.-C., et Leclercq, R. (2013). Comment peut-on penser la continuité de l'enseignement de la géométrie de 6 à 15 ans ? Le jeu sur les supports et les instruments. *Repères IREM*, 90, (p.5-41).
- Perrin-Glorian, M.J., Offre, B. et Verbaere, O. (2006). Usage des instruments et des propriétés géométriques en fin de cm2. *Grand N*, 77, (p.7-34).
- Petitfour, E. (2015). *Enseignement de la géométrie à des élèves en difficulté d'apprentissage : Étude du processus d'accès à la géométrie d'élèves dyspraxiques visuo-spatiaux lors de la transition CM2-6ème*. Thèse de doctorat.
- Petitfour, É. et Barrier, T. (2019). D'un cadre d'analyse de l'action instrumentée en géométrie à l'élaboration d'un dispositif de travail en dyade au cycle 3. *19e École d'été de didactique des mathématiques*, (p.339-349).
- Salin, M.H. (2014a). Que peut nous apprendre l'observation d'élèves de 11 ans confrontés à un problème « spatio-géométrique » ? *Math-École* 222, (p.9-16).
- Salin, M.H. (2014b). Quelques remarques autour des finalités de l'enseignement de la géométrie à l'école primaire. Dans *Enseignement de la Géométrie à l'École. Enjeux et perspectives. Actes du 40ème colloque de la COPIRELEM* (p.32-43). Nantes 2013.
- Plantin, C. (1990). *Essais sur l'argumentation* (Kimé).
- Plantin, C. (1996). *L'argumentation*. Seuil.

- Robert, A. et Rogalsky, J. (2002), Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, Vol 2(4), (p.505-528).
- Stylianides. (2016). *Proving in the Elementary Mathematics Classroom*. Oxford: Oxford University Press.
- Stylianides, A. J. (2007). Proof and Proving in School Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(3), (p.289-321).
- Vergnaud, G. (1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (2.3), (p.135-169).
- Vergnaud, G. (1994). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. Dans *20 ans de didactique des mathématiques en France*, (p. 177-191).
- Vergnaud, G. (2001/2). Piaget visité par la didactique. *Intellectica*, Revue de l'Association pour la recherche Cognitive, n°33(2), (p.107-123).
- Vergnaud, G. (2002). L'explication est-elle autre chose que la conceptualisation ? In *Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation* (p. 31-44). De Boeck Supérieur.
- Vieque, K. (2019). *Étude de l'évolution des pratiques enseignantes relativement à l'usage en classe des instruments proposés dans les situations de restauration de figures*. [Mémoire de Master de Didactique des Disciplines, Spécialité Mathématiques, Parcours Recherche].
- Vieque, K. (sous presse). Comment opérer sur les variables didactiques des problèmes de restauration de figures ? Dans *T. Assude et C. Winder (Eds.), Articulations espace sensible, espace graphique, espace géométrique. Ressources, pratiques et formation*. Iste Science Publishing.
- Villani, C., et Torossian, C. (2018). *21 Mesures pour l'enseignement des mathématiques*.

Table des figures

Figure 1: Suivi de notre réflexion théorique dans les chapitres 1 et 2	19
Figure 2: suivi de notre réflexion théorique (1.1).....	21
Figure 3: Suivi de notre réflexion théorique (1.2).....	26
Figure 4: Relation entre espaces sensible, géométrique et graphique dans un problème de modélisation (Mathé et al. 2020, p.32)	28
Figure 5: Relations entre espaces géométriques et graphiques (Mathé et al. 2020, p.33).....	29
Figure 6: Suivi de notre réflexion théorique (1.3).....	30
Figure 7: Figure modèle et amorce de la figure (Perrin-Glorian et Godin, 2014, p.30).....	32
Figure 8: Illustrations de la « manière heuristique » et de la « manière mathématique » de voir une figure (Problème de restauration extrait de Perrin-Glorian et Godin, 2014)	33
Figure 9: Suivi de notre réflexion théorique - (1.4).....	37
Figure 10: Suivi de notre réflexion théorique, émergence de notre sujet de thèse	41
Figure 11: Suite de notre réflexion théorique.....	43
Figure 12: Suite de notre réflexion théorique (2.1).....	45
Figure 13: Suivi de notre réflexion théorique (2.2)	50
Figure 14: Suivi de notre réflexion théorique (2.3)	63
Figure 15: Suivi de notre réflexion théorique (2.4)	74
Figure 16: Différentes manières de voir le point H sur la figure.....	93
Figure 17: Problème élaboré pour la dévolution des problèmes de restauration de figures.....	97
Figure 18: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°1	100
Figure 19: Problèmes de restauration proposés dans la situation d'action n°2 ...	101
Figure 20: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3.....	102
Figure 21: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1	106
Figure 22: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2	107
Figure 23: Dévolution de la consigne donnée dans la situation de validation	109
Figure 24: Famille de figures proposée dans la classe n°1 - situation de validation	110
Figure 25: Familles de figures proposées dans la classe n°2 - situation de validation	111
Figure 26: Restaurations réalisées collectivement pour dévoluer la consigne de la situation de décision	113

Figure 27: Restaurations à valider par les élèves - situations de décision	114
Figure 28: Problème élaboré pour la dévolution des problèmes de restauration de figures.....	117
Figure 29: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3.....	130
Figure 30: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3.....	150
Figure 31: mobilisation de la règle d'action RA2	152
Figure 32: mobilisation de la règle d'action RA3	152
Figure 33: mobilisation de la règle d'action RA4	153
Figure 34: Action de l'enseignant (Vergnaud, 1994, p.182).....	177
Figure 35: Problème élaboré pour la dévolution des problèmes de restauration de figures.....	191
Figure 36: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°1.....	192
Figure 37: Problèmes de restauration proposés dans la situation d'action n°2 ...	194
Figure 38: Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3.....	196
Figure 39: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1	199
Figure 40: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2	201
Figure 41: Famille de figures proposée dans la classe n°1 - Situation de validation	203
Figure 42: Familles de figures proposées dans la classe n°2 - Situation de validation.....	203
Figure 43 : Suivi de nos analyses - Situations d'action.....	213
Figure 44 : Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°2.....	218
Figure 45 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.3. Analyse détaillée des schèmes de Paul	220
Figure 46 : Figure modèle et amorce proposée dans le problème de restauration n°8.....	229
Figure 47 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.4 - Analyse détaillée des difficultés d'une élève	230
Figure 48 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5 - Analyse de la gestion par l'enseignante de la « phase de validation ».....	233
Figure 49 : Suivi des étapes de nos analyses du contenu des interventions de l'enseignante	236
Figure 50 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.c. Analyse globale du jeu de la validation.....	239
Figure 51 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.d - Analyse globale des moments d'explicitation des connaissances et des compétences	244
Figure 52 : Suivi des étapes de nos analyses - Conclusions.....	247
Figure 53 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.e - Caractérisation des interventions de l'enseignante.....	252

Figure 54 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.2.5.f. Analyse détaillée de la gestion par l'enseignante de certains arguments produits par les élèves.....	258
Figure 55 : Problèmes de restauration proposés dans la situation d'action n°2 ..	259
Figure 56 : Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3.....	262
Figure 57 : Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1	265
Figure 58 : Suivi des étapes de nos analyses de l'émergence du schème communicatif des élèves.....	269
Figure 59 : Suivi des étapes de l'analyse de l'émergence du schème communicatif des élèves - 8.3.3. Analyse détaillée du schème communicatif de Paul	273
Figure 60 : Problème de restauration proposé dans la situation d'action n°3.....	275
Figure 61 : Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2	277
Figure 62 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.3.4 - Analyse détaillée du schème communicatif de Noémie	280
Figure 63 : Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2	281
Figure 64 : Suivi des étapes de nos analyses - 8.3.5 - Analyse de l'impact des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème communicatif des élèves	284
Figure 66: Suivi des étapes de nos analyses. 8.3.6-Analyse de l'émergence du schème discursif des élèves	291
Figure 67: Suivi des étapes de nos analyses de l'émergence du schème discursif des élèves. 8.3.7. Analyse du schème discursif de Paul	293
Figure 68: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°1	294
Figure 69: Suivi des étapes de nos analyses- 8.3.8 - Analyse de l'émergence du schème discursif de Lisa	298
Figure 70: Problème de restauration proposé dans la situation de formulation n°2	299
Figure 71: Suivi des étapes de nos analyses- 8.3.9 - Analyse de l'impact de contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème discursif des élèves	303
Figure 72: Action instrumentée à valider par Fabien et son binôme Antoine	327
Figure 73: Actions instrumentées à valider par Paul et sa binôme Elysa	329

Table des Tableaux

Tableau 1: Paradigmes des Géométries GI et GII. (Houdement et Kuzniak, 1999, p. 19).....	24
Tableau 2: Famille de problèmes de restauration que nous avons élaborée	95
Tableau 3: Progressivité des apprentissages visés par la résolution des problèmes élaborés	96
Tableau 4: Règles d'action à mobiliser dans la résolution des problèmes proposés	153
Tableau 5: Tableau d'analyse des schèmes d'action d'un élève.....	159
Tableau 6: Tableau global d'analyse des schèmes d'action des élèves	163
Tableau 7: Tableau global d'analyse de l'évolution du concept de point.....	163
Tableau 8: Exemple de traitement des données pour analyser le schème communicatif d'un élève.....	168
Tableau 9: Tableau d'analyse du schème communicatif d'un élève	168
Tableau 10: Exemple de traitement des données pour analyser le schème discursif d'un élève - Situation de formulation - Binôme B1.....	173
Tableau 11: Tableau global d'analyse du schème discursif d'un élève-contrôleur - situation de formulation.....	173
Tableau 12: Exemple de traitement des données pour analyser le schème discursif d'un élève - Situation de décision - Binôme B1	175
Tableau 13: Tableau d'analyse du schème discursif des élèves - Situation de décision	175
Tableau 14: Tableau d'analyse du langage mobilisé par les élèves - Situation de décision.....	175
Tableau 15: Analyse du contenu des interventions de l'enseignante - Exemple de traitement des données.....	179
Tableau 16: Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante en relation avec les composantes d'un schème	180
Tableau 17: Tableau d'analyse du langage mobilisé par l'enseignante	180
Tableau 18: Tableau global d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante en relation avec les composantes d'un schème, et du langage mobilisé.....	180
Tableau 19: Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante relativement aux quatre stades d'un dialogue argumentatif.....	184
Tableau 20: Tableau d'analyse de la gestion de la validation par les élèves des énoncés des règles d'actions - Situation de validation	185
Tableau 21: Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignant lors de la gestion de la validation par les élèves des décisions proposées - Situation de décision.....	186

Tableau 22: Répartition des situations expérimentées dans le temps	190
Tableau 23: Analyse a priori du problème n°1	192
Tableau 24: Analyse a priori du problème n°2 - Situation d'action n°1	193
Tableau 25: Analyse a priori du problème n°3 - situation d'action n°2.....	195
Tableau 26: Analyse a priori du problème n°4 - situation d'action n°3.....	198
Tableau 27: Analyse a priori du problème n°4 - Situation de formulation n°2	200
Tableau 28: Analyse a priori - Situations de décision	207
Tableau 29: Répartition des situations expérimentées dans le temps	209
Tableau 30: Tableau global de l'analyse des schèmes d'actions des élèves - Classe n°1	216
Tableau 31: Restauration du problème n°2 réalisée par Paul	221
Tableau 32: Restauration du problème n°4 réalisée par Paul	223
Tableau 33: Restauration du problème n°7 réalisé par Paul	226
Tableau 34: Restauration du problème n°8 réalisée par Paul	227
Tableau 35: Restauration du problème n°4 réalisée par Noémie.....	231
Tableau 36: Tableau récapitulatif des différentes interventions susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves - situations d'action et de formulation	237
Tableau 37: Tableau des interventions de l'enseignante susceptibles d'agir sur l'émergence du schème discursif des élèves - Situations d'action et de formulation	240
Tableau 38 : Tableau récapitulatif des différentes interventions susceptibles d'agir sur l'émergence du schème communicatif des élèves - situations d'action et de formulation	245
Tableau 39 : Type de langage mobilisé par l'enseignante lors de la mise en œuvre des situations d'action et de formulation	245
Tableau 40 : Extrait PE - S2 - Situation d'action n°2.....	250
Tableau 41 : Extrait 1 - PE - S4 - Situation de formulation n°1.....	251
Tableau 42 : PE - Extrait 2 - S2-Situation d'action n°2.....	260
Tableau 43 : PE - Extrait 3 -S2 - Situation d'action n°2.....	261
Tableau 44 : PE - Extrait 4 - S3 - Situation d'action n°3.....	263
Tableau 45 : PE - Extrait 5 -S4 - Situation de formulation n°1	266
Tableau 46 : Répartition du rôle des élèves dans les situations de formulation ...	268
Tableau 47 : Analyse globale du schème communicatif des élèves dans les situations d'action	270
Tableau 48 : Analyse globale de l'émergence du schème communicatif des élèves dans les situations de formulation	271
Tableau 49 : Extrait S1- Verbalisation de Paul à propos des actions instrumentées qu'il a réalisé pour restaurer la figure	274
Tableau 50 : Extrait 1 - S5 - Situation de formulation - Binôme B1 (Paul et Elysa)	278
Tableau 51 : Extrait 2 - S5 - Situation de formulation - Binôme B1 (Paul et Elysa).	279

Tableau 52 : Extrait 1 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	281
Tableau 53 : Extrait 2 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	282
Tableau 54: Extrait 3 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	282
Tableau 55 : Extrait 4 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	283
Tableau 56: Extrait 5 - S5 - Situation de formulation - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	283
Tableau 57: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 1	286
Tableau 58: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 2	287
Tableau 59: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 3	288
Tableau 60: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 4	288
Tableau 61: Comparaison entre le contenu des interventions de la PE et le contenu des interventions des élèves - Exemple 5	288
Tableau 62: PE -Extrait 6 -S5 - Situation de formulation n°2	289
Tableau 63: Tableau de l'analyse globale de l'émergence du schème discursif des élèves	292
Tableau 64: Extrait 6 -S4 - Situation de formulation n°1 - Binôme B1 (Paul et Elysa)	295
Tableau 65: Extrait 7 -S4 - Situation de formulation n°1 - Binôme B1 (Paul et Elysa)	297
Tableau 66: Extrait 8 -S5 - Situation de formulation n°2 - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	300
Tableau 67: Extrait 9 -S5 - Situation de formulation n°2 - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	301
Tableau 68: Extrait 9 -S5 - Situation de formulation n°2 - Binôme B3 (Lisa et Noémie)	302
Tableau 69: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 1	304
Tableau 70: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 2	305
Tableau 71: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 3	305

Tableau 72: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 4	306
Tableau 73: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 5	306
Tableau 74: Comparaison entre le contenu des interventions de l'enseignante dans le jeu de la validation et le contenu des interventions des élèves dans le jeu du contrôleur - Extraits 6	308
Tableau 75: Analyse du contenu des interventions de la première enseignante lors de la gestion de la validation par les élèves des énoncés des règles d'action proposées - Situation de validation.....	313
Tableau 76: Extrait 7 -S7 - Situation de validation - PEn°1	315
Tableau 77: Analyse du contenu des interventions de la deuxième enseignante lors de la gestion de la validation par les élèves des énoncés des règles d'action proposées - Situation de validation.....	317
Tableau 78: Comparaison des arguments produits par Elysa et Fabien dans la Situation de décision	327
Tableau 79:Analyse du contenu des interventions de la première enseignante dans la gestion de la validation par les élèves des décisions et arguments produits - Situation de décisions - Stades 1, 2 et 3	332
Tableau 80: Analyse du contenu des interventions de la première enseignante dans la gestion de la validation par les élèves des décisions et arguments produits - Situation de décision - Stade 4.....	333
Tableau 81: Extrait 8 -PE - S7 - Situation de décision	335
Tableau 82: Extrait 9 -PE - S7 - Situation de décision	335
Tableau 83: Extrait 10 -PE - S7 - Situation de décision	335
Tableau 84: Extrait 11 -PE - S7 - Situation de décision	336
Tableau 85: Extrait 12 -PE - S7 - Situation de décision	336
Tableau 86: Extrait13 -PE - S7 - Situation de décision	337
Tableau 87: Extrait 14 -PE - S7 - Situation de décision	337
Tableau 88: Extrait 15 -PE - S7 - Situation de décision	338
Tableau 89: Extrait 16 -PE - S7 - Situation de décision	338
Tableau 90 : Échanges entre les élèves dans la situation de décision - Binôme B1 (Paul et Elysa).....	350
Tableau 91: Extrait PE - Exemple de mise en œuvre de contradictions.....	352
Tableau 92:Extrait PE - Exemple de moments d'institutionnalisation locale des connaissances et compétences mobilisées - utilisation du langage technique et du langage géométrique	353
Tableau 93: Extrait PE - Exemple de moment où le contenu de l'intervention de l'enseignante permet aux élèves de valider un schème mobilisé, par la vérification de la valeur de vérité du théorème-en-acte implicitement mobilisé.....	353

Tableau 94: Extrait PE - Exemple de validation par l'enseignante d'un schème mobilisé en appui sur les énoncés des règles d'action acceptés, validés et institutionnalisés lors de la situation de validation.	353
Tableau 95: Exemples d'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème communicatif des élèves.	354
Tableau 96: Exemples d'impact du contenu des interventions de l'enseignante sur l'émergence du schème discursif des élèves.....	354

Annexes

Annexe A : Documents proposés aux enseignantes

Annexe 1 : Situations d'action - Problèmes proposés

Annexe 2 : Situations de formulation - Problèmes proposés

Annexe 3 : Situation de validation - Problèmes proposés

Annexe 4 : Situation de décision - Problèmes proposés

Annexe 5 : Scénario proposé pour la gestion de la validation par les élèves des productions

Annexe 6 : Documents proposés pour mener les institutionnalisations locales de connaissances et compétences

Annexe B : Classe n° 1

Annexe 7 : Situations d'action - Données Élèves

Annexe 8 : Situations de formulation - Données Élèves

Annexe 9 : Situation de validation - Données Élèves

Annexe 10 : Situation de décision - Données Élèves

Annexe 11 : Situations d'action - Données Enseignante

Annexe 12 : Situations de formulation - Données Enseignante

Annexe 13 : Situation de validation - Données Enseignante

Annexe 14 : Situation de décision - Données Enseignante

Annexe C : Classe n° 2

Annexe 15 : Situations d'action - Données Élèves

Annexe 16 : Situations de formulation - Données Élèves

Annexe 17 : Situation de validation - Données Élèves

Annexe 18 : Situation de décision - Données Élèves

Annexe 19 : Situations d'action - Données Enseignante

Annexe 20 : Situations de formulation - Données Enseignante

Annexe 21 : Situation de validation - Données Enseignante

Annexe 22 : Situation de décision - Données Enseignante

Annexes

Table des Annexes

Annexe A : Documents proposés aux enseignantes 379

Annexe B : Données Classe 1 406

Annexe C : Données Classe 2 601

Table de l'Annexe A

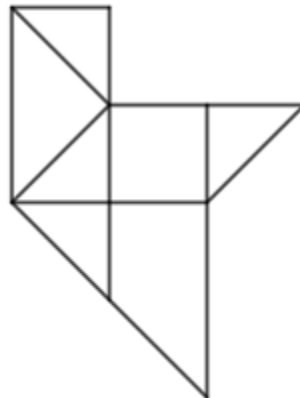
ANNEXE 1 : SITUATIONS D'ACTION - PROBLEMES PROPOSES.....	379
1-Problème proposé pour la dévolution des problèmes de restauration de figures.....	379
2-Problème proposé dans les situations d'action 1 à 3	380
ANNEXE 2 : SITUATIONS DE FORMULATION - PROBLEMES PROPOSES	384
1-Situation de formulation n°1	384
2-Situation de formulation n°2	385
ANNEXE 3 : SITUATION DE VALIDATION - PROBLEMES PROPOSES	386
1-Dévolution de la consigne donnée dans la situation de validation	386
2-Situation de validation, première version (classe 1).....	387
3-Situation de validation, deuxième version (classe 2)	388
ANNEXE 4 : SITUATION DE DECISION - PROBLEMES PROPOSES	390
1-Dévolution de la consigne donnée dans la situation de décision	390
2-Situations de décision proposées	391
ANNEXE 5 : SCENARIO PROPOSE POUR LA GESTION DE LA VALIDATION PAR LES ELEVES DES PRODUCTIONS	394
1- Situations d'action et de formulation	394
2- Situation de validation	398
3- Situation de décision.....	400
ANNEXE 6 : DOCUMENTS PROPOSES POUR MENER LES INSTITUTIONNALISATIONS LOCALES DE CONNAISSANCES ET COMPETENCES.....	403
1-Analyses <i>a priori</i>	403
2-Exemples de traces écrites.....	403

Annexe A : Documents proposés aux enseignantes

Annexe 1 : Situations d'action - Problèmes proposés

1-Problème proposé pour la dévolution des problèmes de restauration de figures

Figure 1

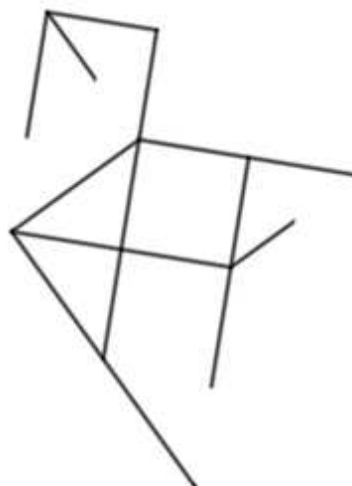


Prénom :

Figure 1 - Amorce 1

Consigne :

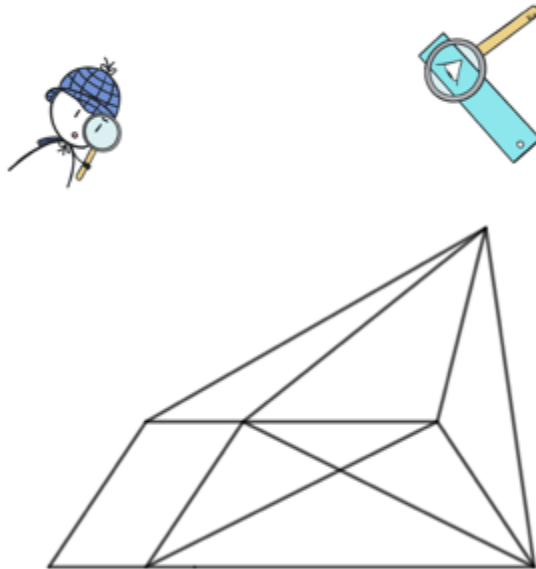
- 1-Trouve **comment faire** pour **bien positionner la règle** et **réussir à coup sûr** la reproduction de la figure modèle.
- 2-Explique ta méthode à un autre élève.



2-Problème proposé dans les situations d'action 1 à 3

Situation d'action n°1

Figure 2

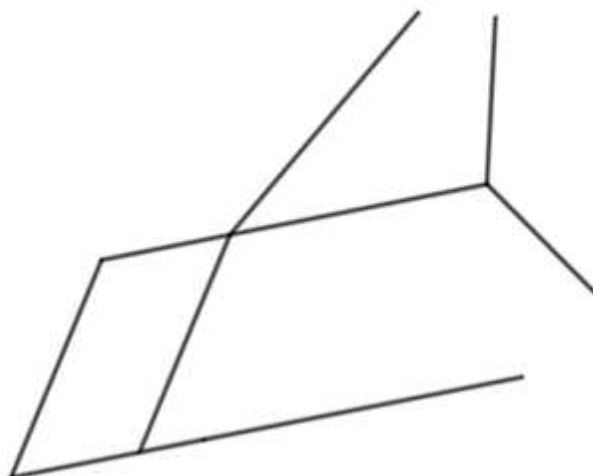


Prénom :

Figure 2 - Amorce 1

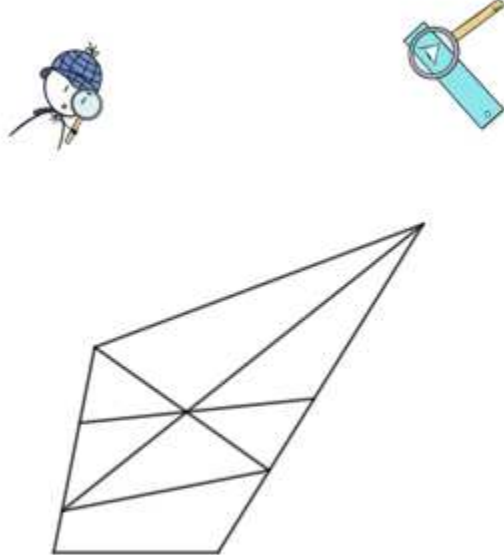
Consigne :

- 1-Trouve **comment faire** pour **bien positionner la règle** et **réussir à coup sûr** la reproduction de la figure modèle.
- 2-Explique ta méthode à un autre élève.



Situation d'action n°2 - première version

Figure 3

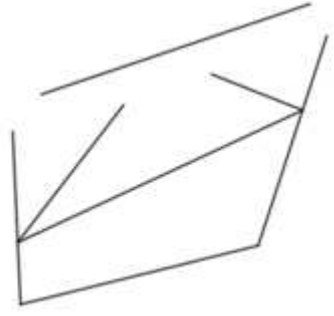


Prénom :

Figure 3 - Amorce 1

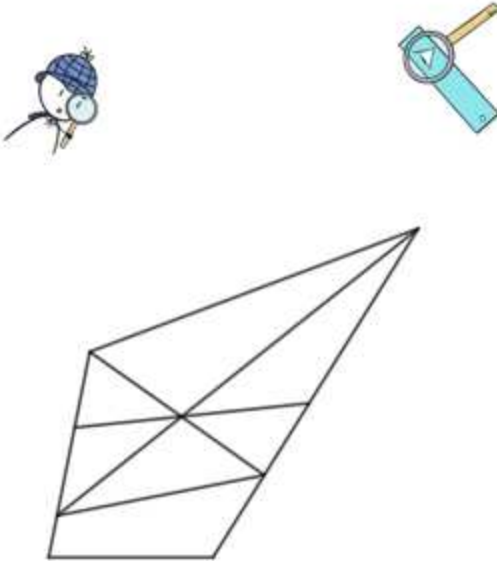
Consigne :

- 1-Trouve **comment faire** pour **bien positionner la règle** et **réussir à coup sûr** la reproduction de la figure modèle.
- 2-Explique ta méthode à un autre élève.



Situation d'action n°2 - deuxième version

Figure 3

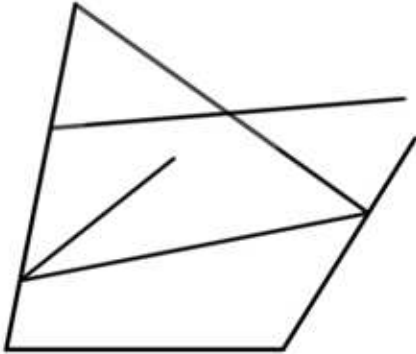


Prénom :

Figure 3 - Amorce 1bis

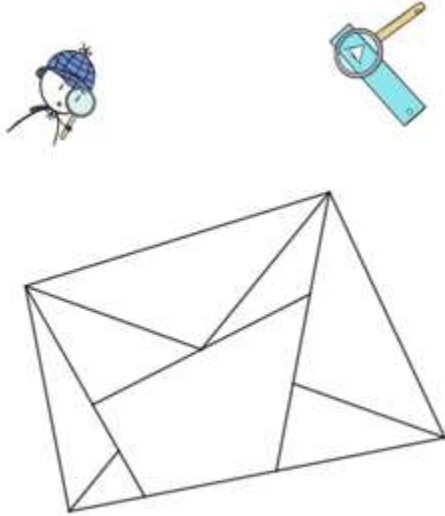
Consigne :

- 1-Trouve **comment faire** pour **bien positionner la règle** et **réussir à coup sûr** la reproduction de la figure modèle.
- 2-Explique ta méthode à un autre élève.



Situation d'action n°3

Figure 4

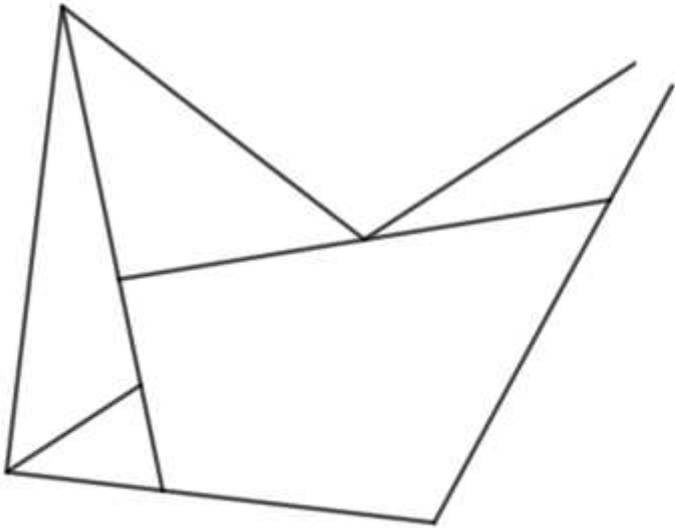


Prénom :

Figure 4 - Amorce 1

Consigne :

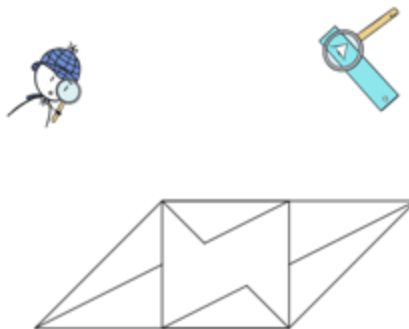
- 1-Trouve **comment faire** pour **bien positionner la règle** et **réussir à coup sûr** la reproduction de la figure modèle.
- 2-Explique ta méthode à un autre élève.



Annexe 2 : Situations de formulation - Problèmes proposés

1-Situation de formulation n°1

Figure 5

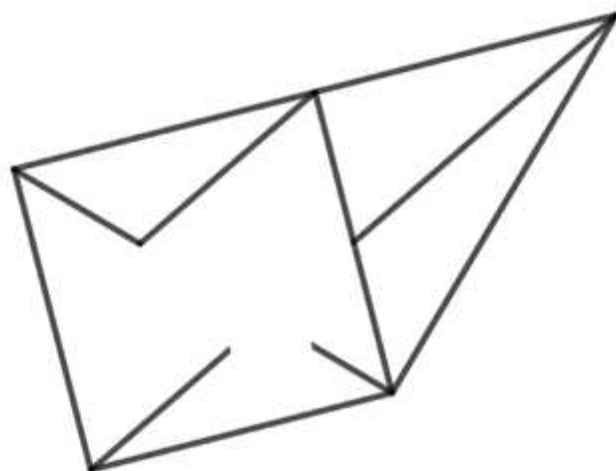


Prénoms :

Figure 5 - Amorces 1

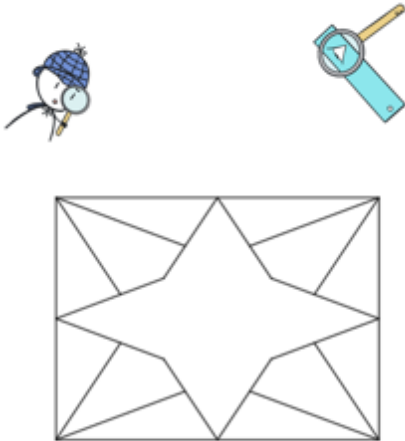
Consigne :

Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de **bien positionner la règle avant de tracer**. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications,



2-Situation de formulation n°2

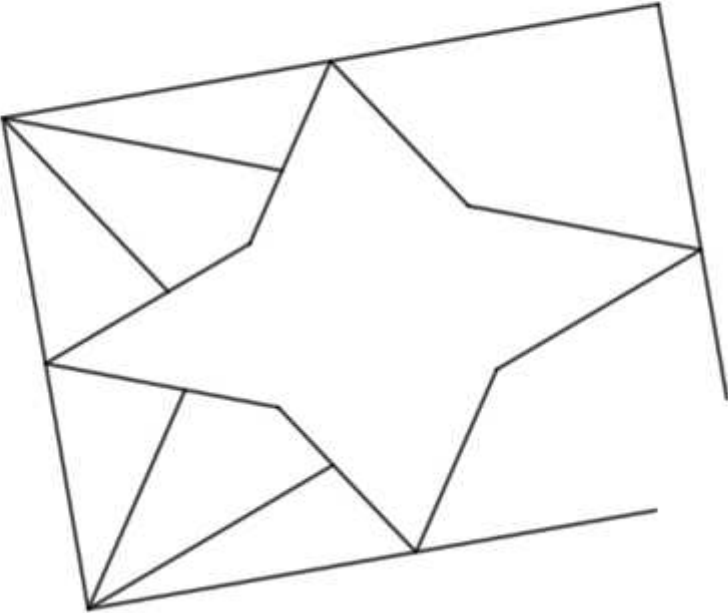
Figure 6



Prénom :

Figure 6 - Amorce 1

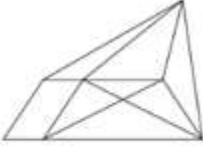
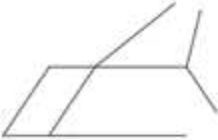



Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de **bien positionner la règle avant de tracer**. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.



Annexe 3 : Situation de validation - Problèmes proposés

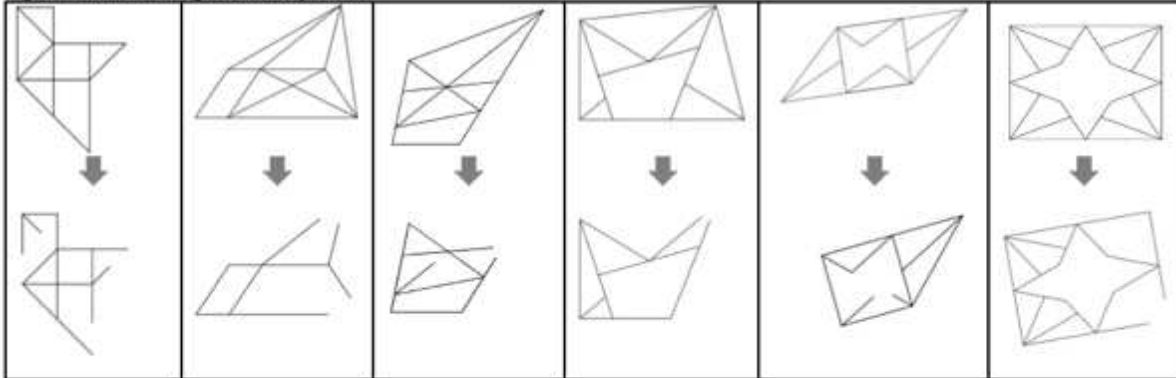
1-Dévolution de la consigne donnée dans la situation de validation

• Sous quelles conditions peut-on tracer les **SOMMETS effacés** de ces deux figures ?

Figure modèle	Figure à compléter
	
	
 Code :	
Si tu as	
.....	
.....	

2-Situation de validation, première version (classe 1)

Figures modèles et figures à compléter :



Mots de la géométrie :

côté d'une figure	segment	tu traces	règle
sommet d'une figure	point	tu prolonges	sur
triangle	ligne droite	tu relies	jusque
carré	segment aligné	tu positionnes	deux
quadrilatère	intersection	tu cherches	un
rectangle	le segment cherché	tu obtiens	une partie
effacé	l'extrémité du segment		un trait

Code d'utilisation géométrique de la règle n°

Si tu as

.....

Alors tu peux

.....

Pour tracer

.....

.....

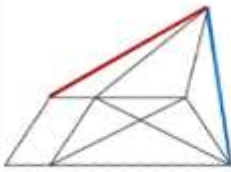
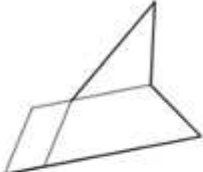



3-Situation de validation, deuxième version (classe 2)

Mots de la géométrie :

côté d'une figure	segment	tu traces	règle
sommet d'une figure	point	tu prolonges	sur
triangle	ligne droite	tu relies	jusque
carré	segment aligné	tu positionnes	deux
quadrilatère	intersection	tu cherches	un
rectangle	le segment cherché	tu obtiens	une partie
effacé	l'extrémité du segment		un trait

Famille de figures n°1

• Sous quelles conditions peut-on tracer pour tracer **TOUS les COTES effacés** de ces deux figures ?

Figure modèle	Figure à compléter
	
	
<p> Code n°1 :</p> <p>Si tu as</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	

Famille de figures n°2

• Sous quelles conditions peut-on tracer **TOUS** les **COTES effacés** de ces deux figures ?

Figure modèle	Figure à compléter
<p> Code n°2 :</p> <p>Si tu as</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	

Famille de figures n°3



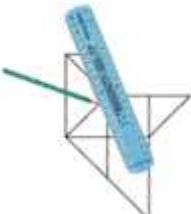

• Sous quelles conditions peut-on tracer les **COTES effacés** de ces deux figures ?

Figure modèle	Figure à compléter
<p> Code n°3 :</p> <p>Si tu as</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	





Annexe 4 : Situation de décision - Problèmes proposés

1-Dévolution de la consigne donnée dans la situation de décision

• Exemple 1 pour favoriser la compréhension du but de l'activité demandée (exemple Pas correct)

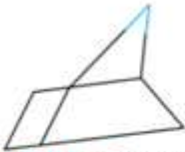
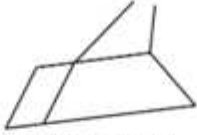

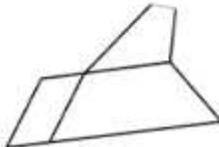
 <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
	<p>J'ai obtenu la fin du segment qui manquait.</p>		

• Exemple 2 pour favoriser la compréhension du but de l'activité demandée (exemple correct)



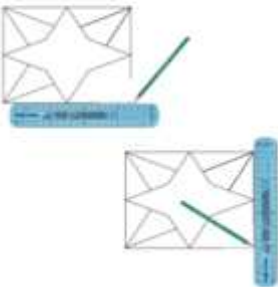

 <p>SOMMET de la figure que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les traits en partie effacés et je les ai prolongés jusqu'à obtenir un point d'intersection.</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
	<p>J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.</p>		

2-Situations de décision proposées

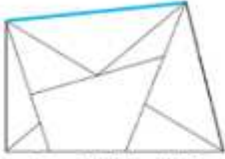
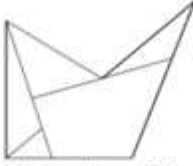



• Groupe 1 - Figure 2

			
<p>Sommet de la figure que j'ai cherché à reproduire</p>		<p>Figure à compléter</p>	
<p>Méthodes réalisées :</p>		<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p>	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle aux extrémités des traits. Ensuite j'ai tracé un trait penché.</p>	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
	<p>J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.</p>		

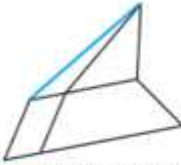




• Groupe 1 - Figure 6

			
<p>Sommet de la figure que j'ai cherché à reproduire</p>		<p>Figure à compléter</p>	
<p>Méthodes réalisées :</p>		<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p>	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les côtés en partie effacés. Je les ai prolongés pour obtenir un point d'intersection.</p>	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
	<p>J'ai obtenu le sommet de la figure qui manquait.</p>		






• Groupe 2 - Figure 4

			
<p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p>		<p>Figure à compléter</p>	
<p>Méthodes réalisées :</p>		<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?</p>	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les deux points situés aux extrémités du segment cherché. J'ai tracé un trait droit pour relier les deux points.</p>	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte  <p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
	<p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p>		





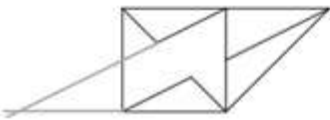
• Groupe 2 - Figure 2'

			
<p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p>		<p>Figure à compléter</p>	
<p>Méthodes réalisées :</p>		<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p>	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur un point. Ensuite j'ai tracé un trait penché</p>	<input type="checkbox"/> Oui , la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non , la méthode n'est pas correcte  <p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
	<p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p>		

• Groupe 3 - Figure 4

 <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>
<p>Méthodes réalisées :</p>		<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?</p>
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p>  <p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
	<p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p>	

• Groupe 3 - Figure 5

 <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>
<p>Méthodes réalisées :</p>		<p>Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?</p>
	<p>J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer J'ai prolongé ce segment.</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte</p>  <p>Parce que :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
	<p>J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.</p>	

Annexe 5 : Scénario proposé pour la gestion de la validation par les élèves des productions

1- Situations d'action et de formulation

Le scénario ci-dessous a été proposé pour la gestion de la validation dans la mise en œuvre des situations d'action et de formulation

« Habillage de la situation » :

Dire : « Mr le directeur / Mme la Directrice a gommé des parties de ces figures : afficher les 6 figures au TBI (cf. ppt)

Son problème : il/elle ne sait plus comment utiliser la règle en géométrie pour les compléter et réussir à reproduire les figures.

Il/elle a besoin qu'on lui explique des méthodes pour réussir à coup sûr la reproduction de toutes ces figures avec la règle.

Je vous propose de compléter ces figures et de trouver des méthodes d'utilisation de la règle. Quand on les aura trouvées, on écrira un message à Mr le Directeur/Mme la Directrice pour expliquer comment réussir à reproduire les figures avec la règle.

→ à contextualiser avec le nom du directeur/directrice de l'école

Présentation de la figure et de la figure à compléter

- Afficher la figure sur le TBI

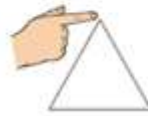
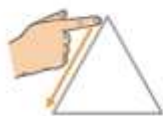
Exemples de questions à poser :

- Quelles parties de la figure ont été effacées ? Que manque-t-il sur la figure ? (interroger les élèves, leur demander de montrer et nommer les éléments sur la figure projetée, écrire le nom des éléments trouvés sur le tableau, légender la figure)

Lors de cette phase, poser les bases de la désignation des éléments d'une figure (mettre en œuvre les gestes ci-dessous) :

Si l'élève désigne un côté de la figure, lui demander de le **parcourir** d'une extrémité à l'autre avec son doigt (montrer le geste si besoin) :

Pour désigner le sommet de la figure : le **pointer** avec son doigt



Recherche des élèves

Engager ensuite les élèves à chercher des méthodes d'utilisation de la règle pour réussir à restaurer la figure. Rappeler l'enjeu de certitude.

« Phase de validation » des méthodes

Mise à l'épreuve des méthodes trouvées par l'enseignant-e.

Proposition d'exemples de méthodes par les élèves

Proposition éventuelle de contre - exemples par l'enseignant-e

Cette phase de la séance est essentielle pour :

- **fixer les critères** sur lesquels **faire reposer la discussion** des élèves,
- favoriser la **prise de conscience** des **relations existantes** entre les **segments et les points** de la figure.

Le but est d'amener les élèves à **comprendre les « raisons géométriques »** sur lesquelles reposent la validité de leurs méthodes.

→ Pour vous accompagner dans la mise en œuvre, le descriptif détaillé de cette phase vous est proposé.

Un élève différent est choisi par l'enseignant-e pour chaque but à atteindre, c'est-à-dire pour chaque point ou segment à obtenir



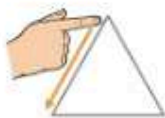
Étape 1 : proposition d'un exemple de méthode par un élève

Exemple de question à poser :

« pour quelle partie de la figure souhaites-tu proposer une méthode ? »

Rappel : poser les bases de la désignation des éléments d'une figure :

Si l'élève désigne un côté de la figure, lui demander de le **parcourir** d'une extrémité à l'autre avec son doigt (montrer le geste si besoin) :



Si l'élève désigne un sommet de la figure, lui demander de le **pointer** avec son doigt. (montrer le geste si besoin) :



Exemple de question à poser :

« quelle méthode proposes-tu ? »

Laisser l'élève formuler sa méthode.

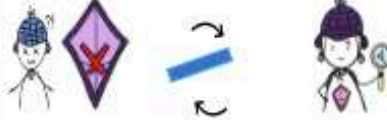
L'inciter à accompagner sa formulation du **lieu** du positionnement du bord droit de la règle par la même **gestuelle** que précédemment (geste de parcours ou de pointage de l'élément géométrique).



Étape 2 : Mise à l'épreuve de la méthode proposée par le PE

Contrôle de la méthode par le PE, proposition éventuelle d'un **contre-exemple**

Exemples :

	
<p>Cas 1 : la méthode proposée convient. Réaliser la proposition de méthode. Il n'est pas nécessaire de proposer un contre-exemple.</p> <p>→ poursuivre avec l'étape 3</p>	<p>Cas 2 : la méthode proposée ne convient pas. Contredire la méthode proposée : Proposer un contre-exemple qui favorise la prise de conscience de la non-adéquation de la méthode proposée</p> <p>→ poursuivre avec l'étape 3</p>



Étape 3 : engager la **discussion sur l'adéquation de la méthode** proposée, ainsi que sur les **raisons de l'adéquation** ou de la **non-adéquation** de la méthode proposée

Exemple de questions à poser pour amener les élèves de la classe à prendre position sur l'adéquation de la méthode proposée :

« Est ce que cette méthode semble convenir ? »

→ Orienter la discussion des élèves sur l'analyse de la figure, sa composition (figures juxtaposées ou superposées), sur les notions géométriques (point, segment, ligne droite) et leurs relations (ici : relation d'alignement de segments)

Exemple de questions à poser pour amener les élèves de la classe à se justifier, à formuler des raisons, des arguments :

« Pourquoi pensez-vous que cela convient ? »

« Pourquoi pensez-vous que cela ne convient pas ? »

Si besoin, poursuivre avec :

« Que voit-on sur la figure modèle ? »

(orienter la discussion sur l'analyse de la figure)

A partir de la séance 2, ajouter systématiquement :

« Que voit-on sur la figure modèle ? »

(orienter la discussion sur l'analyse de la figure)

Si besoin, poursuivre avec :

« Quelle est la relation entre les segments, les côtés de ces figures ? »

Exemple de réponse attendue : ils sont sur la même **ligne droite**, ils sont **alignés**

Voici les différents indices à prélever dans l'**analyse des figures** proposées sur la séquence, et les méthodes associées. Des **contre-exemples** possibles sont illustrés pour vous aider dans la mise en œuvre du jeu du contrôleur.

Indice 1	Indice 2	Indice 3
<p>Analyse de la figure (l'attention est portée sur ses segments)</p> <p>Si on voit qu'un segment support de la direction du segment à obtenir est donné</p> <p>→ Alors on peut positionner la règle sur segment</p>	<p>Analyse de la figure (l'attention est portée sur ses sommets)</p> <p>Si on voit que les deux points situés aux extrémités du segment à obtenir sont donnés.</p> <p>→ Alors on peut la règle sur deux points.</p>	<p>Analyse de la figure (l'attention est portée sur sa composition, sur la relation existante entre les côtés des sous-figures)</p> <p>Si on voit que deux segments sont sur la même ligne droite Si on voit l'alignement de deux segments de figures juxtaposées Si on voit des superpositions de figures (figures cachées)</p> <p>→ Alors on peut positionner la règle sur le segment aligné avec celui à obtenir.</p>
<p>Méthode d'utilisation de la règle n°1, liée à la première fonction de la règle :</p> <p>La règle sert à tracer des traits droits, des segments, les lignes droites</p> <p>→ Pour tracer un segment, on a besoin d'un autre segment pour être sûr de bien positionner la règle.</p> <p>Sinon, la règle se positionne dans n'importe quel sens ! (contre-exemple à proposer)</p>	<p>Méthode d'utilisation de la règle n°2, liée à la première fonction de la règle :</p> <p>La règle sert à tracer des traits droits, des segments</p> <p>→ Pour tracer un segment, on a besoin de deux points (ses extrémités) pour être sûr de bien positionner la règle</p> <p>Sinon, si on a un seul point, la règle tourne ! (contre-exemple gestuel à proposer avec la règle)</p>	<p>Méthode d'utilisation de la règle n°3, liée à la deuxième fonction de la règle :</p> <p>La règle peut servir à repérer et reporter des alignements de segments</p> <p>→ Pour tracer un segment, on peut avoir besoin de trouver un segment aligné avec celui à obtenir pour être sûr de bien positionner la règle,</p> <p>Sinon, la règle se positionne dans n'importe quel sens ! (contre-exemple gestuel à proposer avec la règle)</p> <p>→ Pour obtenir le point situé à l'extrémité d'un segment, on peut avoir besoin de créer le point d'intersection de deux lignes droites Sinon, on ne sait pas où se trouve l'extrémité du segment, la règle se positionne dans n'importe quel sens ! (contre-exemple gestuel à proposer avec la règle)</p>

Procéder de la même façon avec chacun des élèves interrogés jusqu'à ce que la figure soit complétée.

2- Situation de validation

Le scénario ci-dessous a été proposé pour la gestion de la validation dans la mise en œuvre de la situation de validation.

Phase 1 : Présentation de l'enjeu

Toutes les figures et leurs amorces sont affichées sur le tableau (TBI-diaporama)

*Aujourd'hui, nous allons écrire le **code géométrique de la règle** à Mr N. / Mme C.
C'est-à-dire lui expliquer **sous quelle condition il peut utiliser les méthodes d'utilisation de la règle que l'on a trouvées***

Il doit pouvoir REUSSIR A COUP SUR la reproduction de toutes ces figures.

*Je vais donc vous demander d'écrire **à quelle condition** il peut utiliser nos méthodes pour tracer des segments et des points d'intersection.*

Phase 2 : Présentation de la situation - Réalisation d'un exemple collectif pour en favoriser la compréhension

- Pour favoriser la compréhension de la consigne, réaliser un exemple collectif à partir des deux figures proposées.

Exemples de questions à poser

→ Q : Que manque-t-il aux endroits que je vous montre sur les figures ?

→ Q : Quelles sont les conditions pour réussir à tracer le point/le segment manque ? De quoi a-t-on besoin pour tracer le point/le segment qui manque ?

→ Q : Sur quoi poser la règle ? Quelle est la méthode ?

→ Q : Pour faire quoi ? Qu'obtient-on ?

- Sur le tableau, écrire la première méthode au fur et à mesure avec les élèves

Phase 3 : Phase de recherche des élèves

- Vérifier la compréhension du terme condition

Q : Où est-écrite la condition ? ce dont on a besoin pour réussir ? Avec quel mot écrit-on une condition, ce dont on a besoin ?

→ Avec le SI ; Si on a.... alors on peut...

Consigne :

Vous allez écrire les conditions pour pouvoir utiliser les méthodes que l'on a trouvées pour reproduire le **segment** d'une figure.

- Organiser la classe en groupe de 3-4 élèves ou en binômes
- Distribuer les fiches et le répertoire de mots
- Recherche des élèves

Phase 4 : « Phase de validation » des énoncés des méthodes écrits.

Étape 1 : Proposition des élèves

Inviter les groupes d'élèves à venir proposer une méthode générale donnée

Étape 2 : Confrontation, comparaison entre les énoncés de méthodes écrits

- Engager les élèves à prendre position sur l'adéquation des énoncés des méthodes proposées, à les comparer.

Exemples de questions à poser :

- Q : Êtes-vous d'accord et pourquoi ?
- Q : Pourquoi êtes-vous d'accord ?
- Q : Pourquoi n'êtes-vous pas d'accord ?

Étape 3 : Explicitation de raisons, d'arguments

- Faire valider l'énoncé par les élèves de la classe, en les amenant à expliciter des raisons

Pour cela, amener les élèves :

- à vérifier l'adéquation des conditions écrites sur les amorces des figures ;
- à vérifier que l'action proposée permet effectivement d'obtenir le segment manquant ;
- à prendre appui sur les institutionnalisations locales de connaissances et compétences réalisées lors des séances précédentes.

→ Procéder ainsi pour chaque méthode générale à valider.

Phase 5 : Institutionnalisation des énoncés des méthodes.

Relire les énoncés des méthodes validés, choisir ceux à faire figurer sur la trace écrite.

3- Situation de décision

Le scénario ci-dessous a été proposé pour la gestion de la validation dans la mise en œuvre de la situation de décision

Phase 1 : Rappel sur l'enjeu des séances déjà réalisées

- Écriture du code d'utilisation de la règle pour le Directeur/Directrice de l'école
- Transmission des méthodes validées à Mr/Mme
- Reproduction des figures par Mr/Mme

Phase 2 : Présentation de la situation. En favoriser la compréhension en réalisant deux exemples collectivement (un exemple correct et un exemple incorrect)

Expliquer aux élèves qu'il s'agit de contrôler, c'est-à-dire de vérifier si Mr/Mme... a bien utilisé les méthodes indiquées pour reproduire les figures.

→ Réaliser collectivement les deux exemples proposés.

- Lire la démarche réalisée pour restaurer un segment ou un point
- Amener les élèves à prendre position sur l'adéquation de l'action instrumentée réalisée

Exemples de questions à poser :

Q : pensez-vous que la méthode est correcte ou pas ?

Q : pensez-vous que la règle est positionnée correctement ou pas ?

Q : pensez-vous que le segment /le point a bien été reproduit ou pas ?

- Amener les élèves à produire des arguments, c'est-à-dire à expliciter pour quelle raison l'action instrumentée réalisée est adéquate ou non adéquate pour restaurer un point ou un segment

Exemple de question :

Q : Pourquoi pensez-vous que la méthode n'est pas correcte ? correcte ?

Accompagner les élèves vers :

→ la vérification des conditions de l'action instrumentée réalisée (figure complétée) ;

→ la vérification des relations existantes entre les segments et les points de la figure modèle (analyse de la figure modèle) ;

→ l'identification du code d'utilisation géométrique de la règle utilisé/non utilisé/ à utiliser, les méthodes institutionnalisées.

- Amener les élèves à valider l'argument proposé

Q : Est-ce que tout le monde est d'accord sur la raison, sur la justification à donner à Mr/Mme ?

Amener les élèves :

→ à mettre en relation la restauration du segment/point réalisée, l'argument produit et le numéro du code d'utilisation géométrique de la règle institutionnalisée.

- Collectivement : Cocher oui/non, et rédiger la raison formulée précédemment

Exemple possible :

C'est correct, parce que :

pour tracer le segment,

tu as bien posé ta règle sur un segment pour le prolonger

(code n°... / méthode n°...)

- Procéder de même avec l'exemple 2.

Phase 4 : Recherche des élèves

Reformuler les consignes :

Lire la méthode réalisée par Mr/Mme, observer les figures, l'action instrumentée réalisée, le point ou le segment reproduit.

Se mettre d'accord et dire pourquoi : La méthode est-elle correcte ou pas ? pourquoi ?

→ il faut trouver pour quelle raison la méthode utilisée est correcte ou pas correcte, Lorsqu'on est d'accord : cocher si la méthode est correcte ou pas correcte et écrire pour quelle raison la règle est bien positionnée ou pas pour tracer un segment ou un point

- Constitution des binômes
- Distribution des fiches
- Observer les élèves.
 - Si besoin, rappeler la nécessité de formuler et se mettre d'accord sur la raison pour laquelle la méthode est correcte ou pas avant de cocher
 - Lorsque les élèves ont coché, les inviter à écrire la raison trouvée.

Phase 5 : Confrontation des arguments, validation collective des arguments proposés

Étape 1 : propositions d'un des binômes ayant travaillé sur la fiche n°1

Étape 1-Recueillir les propositions des élèves - Interroger un binôme

Exemple de question :

Q : Est-ce que vous pensez que cette méthode est correcte ou pas ? quelle raison avez-vous écrite ?

Étape 2 : confrontation avec les arguments produits par les autres binômes

Organiser la confrontation de l'argument proposé à celui écrit par les autres binômes

Exemples de questions :

Q : Est-ce que les autres binômes du groupe sont d'accord sur la raison donnée ? sur la validité de la méthode ? Pourquoi êtes-vous d'accord ? pas d'accord ?

Q : Avez-vous trouvé la même raison ? Qu'avez-vous écrit ?

Étape 3-organiser la validation par les élèves des arguments proposés par les binômes

Exemples de questions :

Est-ce que le reste de la classe est d'accord ?

Est ce qu'on valide la raison, la justification donnée ?

Amener les élèves de la classe :

→ à prendre appui sur les figures modèle et complétée pour vérifier l'adéquation des arguments produits.

→ à mettre en relation la restauration du segment/point réalisée, l'argument produit et le numéro du code d'utilisation géométrique de la règle institutionnalisé.

- Adopter la même démarche pour les fiches 2 et 3

Phase 6 : Synthèse

Q : Qu'a-t-on utilisé pour dire si le positionnement de la règle est correct/pas correct pour reproduire un segment ou un point, et pour expliquer pourquoi ?

Q : De quoi avons-nous eu besoin ?

→ Orienter la discussion vers le fait que les connaissances institutionnalisées sur les traces écrites/ affichages réalisées, permettent aux élèves de valider si une méthode d'utilisation de la règle est adéquate ou non pour restaurer un point ou un segment de la figure.

Annexe 6 : Documents proposés pour mener les institutionnalisations locales de connaissances et compétences

1-Analyses a priori

Les analyses *a priori* de toutes les situations ont été données. (Elles sont présentées dans la thèse, Chapitre 6)

2-Exemples de traces écrites

Nous avons également donné des propositions de traces écrites relatives aux trois premières situations d'action.

Situations d'action n°1

Je retiens :

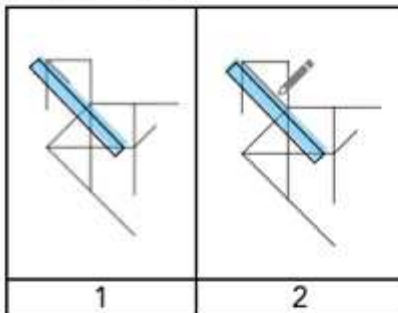
→ Ce que l'on a fait :



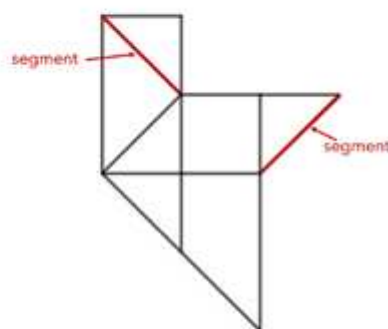
→ Ce que l'on a appris :

Comment tracer le côté d'une figure ?

Méthode 1 :



1 : Positionne la règle sur un segment,
2 : Prolonge ce segment : trace une ligne droite jusqu'à obtenir l'extrémité du segment. »



Le côté d'une figure est un **segment**.

Un **segment** se représente par un trait droit qui a deux extrémités.

Je retiens :

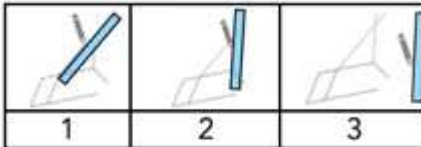


→ Ce que l'on a fait :

→ Ce que l'on a appris :

Comment tracer le sommet d'une figure ?

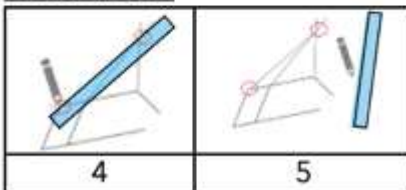
Méthode 2 :



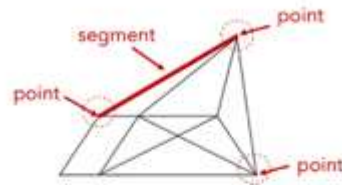
1 : positionne la règle sur un segment, prolonge ce segment : trace une ligne droite
2 et 3 : prolonge un autre segment, trace une ligne droite jusqu'à obtenir un point d'intersection

Comment tracer le côté d'une figure ?

Méthode 3 :



4 : positionne la règle sur deux sommets de la figure
5 : relie ces deux sommets en traçant un trait droit



Le sommet d'une figure est un **point**

Un point peut se représenter en traçant l'intersection de deux segments ou de deux lignes droites

Un **segment** se représente par un trait droit qui a deux extrémités.

Sur une figure, les points situés aux extrémités d'un segment sont des sommets de la figure.

Situations d'action n°2

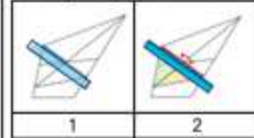
Je retiens :

→ Ce que l'on a fait :

Comment trouver la direction d'un segment ?

Méthode 4 :

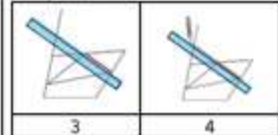
• Analyse la figure modèle :



1-Positionne la règle sur le segment cherché
2-Regarde s'il est aligné avec un autre segment »

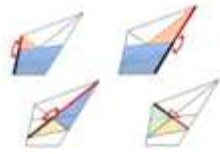
• Puis :

Trace la direction du segment cherché sur la figure à compléter :



1-positionne la règle sur un segment aligné avec celui qui manque,
2-prolonge ce segment, trace une ligne droite

→ Ce que l'on a appris :

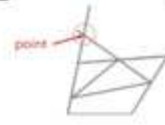


Deux figures juxtaposées peuvent avoir des **côtés alignés**.

Un **segment peut être aligné avec un autre segment**

Deux segments peuvent se trouver sur la **même ligne droite**.

Pour obtenir un point, on a besoin de tracer l'**intersection de deux lignes droites**



L'intersection de deux lignes droites représente un **point**.



Je m'entraîne :

Complète la figure avec les méthodes apprises :



Figure modèle



Figure à compléter

Situations d'action n°3

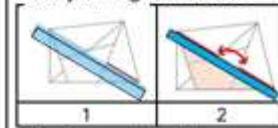
Je retiens :

→ Ce que l'on a fait :

Comment trouver la direction d'un segment ?

Méthode 5 :

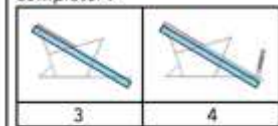
• Analyse la figure modèle :



1-Positionne la règle sur le segment cherché,
2-Regarde s'il est aligné avec un autre segment.

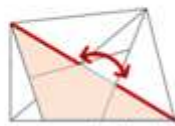
• Puis :

Trace la direction du segment cherché sur la figure à compléter :



3-Positionne la règle sur le segment aligné avec celui qui manque,
4-Prolonge ce segment ; trace une ligne droite

→ Ce que l'on a appris :



segments alignés

Deux segments peuvent être alignés sur une même ligne droite.

Pour trouver un segment aligné avec celui que l'on cherche :

je peux chercher des figures cachées, des figures superposées



Je m'entraîne :

Complète la figure avec les méthodes apprises :



Figure modèle

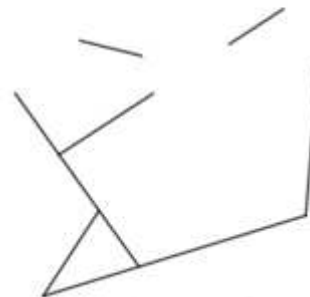


Figure à compléter

Les transcriptions complètes avec les photos des élèves ou de l'enseignante ne sont pas libres de droit et ne peuvent être diffusées. Elles ont été retirées des annexes.

Ces éléments sont signalés de manière « barrée » dans la table des annexes.

Table de l'Annexe B : Classe 1

ANNEXE B : CLASSE N° 1..... 409

ANNEXE 7 : SITUATIONS D'ACTION - DONNEES ÉLÈVES.....409

1-BINOME B1 : PAUL	410
1-1-Paul : Productions réalisées	410
1-2-Paul-Analyse de l'organisation des actions	411
1-3-Paul-Verbalisation de ses actions.....	413
1-4- Paul - Analyse du schème de mise en mots	415
2-BINOME B1 : ELYSA	416
2-1-Elysa : Productions réalisées.....	416
2-2-Elysa - Analyse de l'organisation des actions	417
2-3-Elysa-Verbalisation de ses actions	419
2-4- Elysa - Analyse du schème de mise en mots.....	421
3-BINOME B2 : FABIEN	422
3-1-Fabien : Productions réalisées	422
3-2-Fabien - Analyse de l'organisation des actions.....	423
3-3-Fabien-Verbalisation de ses actions.....	426
3-4- Fabien- analyse du schème de mise en mots.....	428
4-BINOME B2 : ANTOINE	429
4-1-Antoine : Productions réalisées.....	429
4-2-Antoine - Analyse de l'organisation des actions	430
4-3-Antoine-Verbalisation de ses actions.....	432
4-4- Antoine- analyse du schème de mise en mots.....	433
5-BINOME B3 : LISA	434
5-1-Lisa : Productions réalisées.....	434
5-2-Lisa - Analyse de l'organisation des actions	435
6-BINOME B3 : NOEMIE	438
6-1-Noémie - Productions réalisées	438
6-2-Noémie - Analyse de l'organisation des actions	439
5- TABLEAU GLOBAL DE L'ANALYSE DES SCHEMES D'ACTION DES SIX ELEVES SUIVIS	442

ANNEXE 8 : SITUATIONS DE FORMULATION - DONNEES ÉLÈVES.....443

1-BINOME B1 : PAUL ET ELYSA	444
1-1-Productions réalisées.....	444
1-2-Transcriptions des échanges	445

1-3-Tableaux d'analyse du schème communicatif des élèves.....	455
1-4-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.....	456
2-BINOME B2 : ANTOINE ET FABIEN	457
2-1-Productions réalisées.....	457
2-2-Transcription des échanges.....	458
2-3-Tableaux d'analyse du schème communicatif des élèves.....	470
2-4-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.....	471
3-BINOME B3 : LISA ET NOEMIE	472
3-1-Productions réalisées.....	472
3-2-Transcription des échanges.....	473
2-3-Tableaux d'analyse du schème communicatif des élèves.....	482
2-4-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.....	483
4-Tableaux globaux d'analyse du schème communicatif et du schème discursif.....	484
ANNEXE 9 : SITUATION DE VALIDATION - DONNEES ÉLÈVES.....	485
1-GROUPE 1 : PAUL - FABIEN - LUCIE	486
1-1-Énoncés des règles d'action produits.....	486
1-2-Transcription des échanges entre les élèves.....	487
1-3- Tableau d'analyse du schème communicatif des élèves.....	488
2-GROUPE 2 : ELYSA - ANTOINE - KYARA	489
2-1- Énoncés des règles d'action produits.....	489
2-2-Transcription des échanges entre les élèves.....	490
2-3- Tableau d'analyse du schème communicatif des élèves.....	492
3-GROUPE 3: LISA - KENZA - MAËL	493
3-1-Productions : énoncés des règles d'action écrits.....	493
3-2-Transcription des échanges entre les élèves.....	494
3-3- Tableau d'analyse du schème communicatif des élèves.....	495
ANNEXE 10 : SITUATION DE DECISION - DONNEES ÉLÈVES	496
1-BINOME B1 : PAUL ET ELYSA	497
1-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision.....	497
1-2-Transcriptions des échanges entre les deux élèves.....	498
1-3-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.....	503
2-BINOME B2 : ANTOINE ET FABIEN	504
2-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision ;	504
2-1- Transcriptions des échanges entre les deux élèves.....	505
2-3-Tableau d'analyse du schème discursif des élèves - Binôme B2 - Fabien-Antoine.....	512
3-BINOME B3 : LISA ET JULIA (NOEMIE ABSENTE)	514
3-1-Arguments produits, pour chacune des deux situations de décision :.....	514
3-2-Transcriptions des échanges entre les deux élèves.....	515
3-3-Tableau d'analyse du schème discursif des élèves.....	517
ANNEXE 11 : SITUATIONS D'ACTION - DONNEES ENSEIGNANTE	518

1-SITUATION D'ACTION N°1	519
1-1-Transcription du déroulement.....	519
1-2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante.....	530
2-SITUATION D'ACTION N°2	532
2-1-Transcription du déroulement.....	532
2-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	545
3-SITUATION D'ACTION N°3	548
3-1-Transcription du déroulement.....	548
3-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	558
4-QUELQUES PHOTOS DES REFERENTS REALISES PAR L'ENSEIGNANTE.	561
ANNEXE 12 : SITUATIONS DE FORMULATION - DONNEES ENSEIGNANTE	562
1-SITUATION DE FORMULATION N°1	563
1-1-Transcription du déroulement.....	563
1-2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante.....	571
2-SITUATION DE FORMULATION N°2	573
2-1-Transcription du déroulement.....	573
2-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	577
3-Tableaux globaux de l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante sur l'ensemble des situations d'action et de formulation.....	579
ANNEXE 13 : SITUATION DE VALIDATION - DONNEES ENSEIGNANTE	581
1-SITUATION DE VALIDATION	582
1-1-Transcription du déroulement.....	582
1-2-Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	588
1-3-Trace écrite réalisée à la suite de l'institutionnalisation des énoncés des règles d'action	589
ANNEXE 14 : SITUATION DE DECISION - DONNEES ENSEIGNANTE.....	590
1-SITUATION DE DECISION	591
1-1-Transcription du déroulement.....	591
1-2-Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	600

Annexe B : Classe n° 1

Annexe 7 : Situations d'action - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chacun des six élèves suivis,

1- les productions réalisées lors de la mise en œuvre des situations d'action.

2- un tableau avec le descriptif de l'organisation des actions de l'élève et leur analyse, sur chacune des situations d'action. Ce descriptif a été réalisé en appui sur l'enregistrement vidéo de l'activité des élèves.

~~3- la transcription des descriptions verbales des actions instrumentées réalisées, pour les élèves pour qui nous avons pu récupérer ces données.~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

4-les tableaux d'analyse du schème de mise en mots, pour les élèves pour qui nous avons la transcription des descriptions verbales des actions

5-Le tableau global de l'évolution des schèmes d'action des élèves

Ces éléments sont présentés par ordre des binômes.



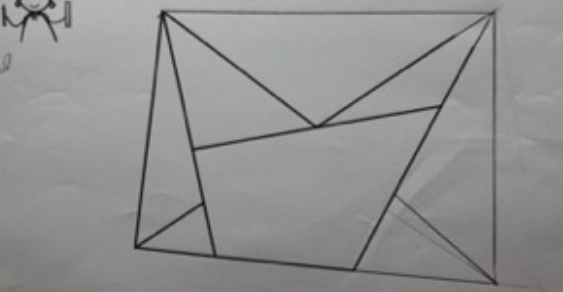
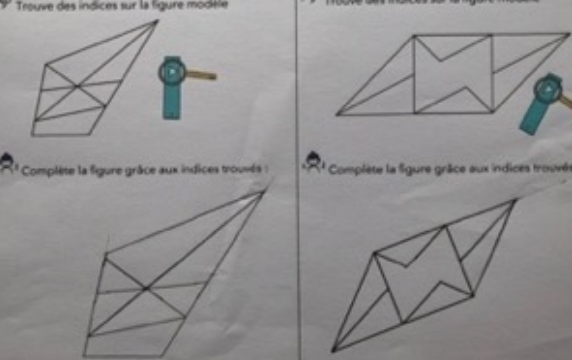
B1 : Paul - Elysa ;

B2 : Antoine - Fabien ;

B3 : Lisa, Noémie

1-Binôme B1 : Paul

1-1-Paul : Productions réalisées

<p>B1-PAUL</p> <p>Prénom: <i>Paul</i> Figure 2 - Amorce 1</p> <p>Consignes: 1-Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2-Explique ta méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: <i>Paul</i> Figure 3 - Amorce 1</p> <p>Consignes: 1-Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2-Explique ta méthode à un autre élève.</p> 
Situation d'action 1	Situation d'action 2
<p>Prénom: <i>Paul</i> Figure 4 - Amorce 1bis</p> <p>Consignes: 1-Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2-Explique ta méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: <i>Paul</i> Attention des méthodes trouvées en classe !</p> <p>Trouve comment bien positionner la règle pour compléter les figures. Affichez des méthodes trouvées en classe !</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>  <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés !</p> <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés !</p>
Situation d'action 3	Situation d'action 4

1-2-Paul-Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4 :

	B1-PAUL	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation des actions instrumentées : suite des actions élémentaires réalisées	<input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : relie B et C', obtient [BC'] → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [FC'], obtient [FC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [ED'] et [GD''], obtient D → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie D et C''', obtient [DC'''] → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [GC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : [FD] et [GE] → R2	<input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention du point I <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [GI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention du point B <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [IC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention du point C	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [IB'] et [IB''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention du point B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : R0 au jugé à partir de B puis changement de décision <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [ED], obtient [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie B et C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : R0-au jugé à partir de C', obtention de [K'C'] Nombreuses hésitations - 2 essais pour C + intervention PE • Gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : prolonge [AI] → R4 Tracé qui rejoint « par chance » le point C'
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point - Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schémas d'actions mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique

	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique
--	---	---	--

• Problèmes 7 et 8

	B1-PAUL	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation des actions instrumentées : suite des actions élémentaires réalisées	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [GI'] et [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention du point I <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [FH'] et [DI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention du point A <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [H''C''] <input checked="" type="checkbox"/> Obtention des points C et H	<input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [AB] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [FG] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> obtention du point C <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie les points C et D → R2
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 : Concept de point - Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments

9	Schémas d'actions mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

~~1-3-Paul-Verbalisation de ses actions~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

• Problème 1 :

1-4- Paul - Analyse du schème de mise en mots

Élève : Paul -Situation d'action n°1 - verbalisation de ses actions à sa binôme Elysa

S1	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
	Com1 but	Com3. AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6. _C	LG	LT	LC
Ep 1	1		1+0				1G _d			1
Ep 2	1		1+0				1G _d			1
Ep 3	1		1+0				1G _d			1
Ep 4			1+0				1G _d			1
Total	3		4+0				4G			4

Élève : Paul Situation d'action n°2 - Séance 2

Séance 2	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
	Com1 but	Com3. AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6. _C	LG	LT	LC
Ep 1			1+0 L01				1G _d			1 L01
Ep 2			1+1 L02				1G _d			1 L02
Ep 3			1+1 L03				1G _d			1 L03
Ep 4			1+1 L04				1G _d			1 L04
Ep 5			1+1 L05				1G _d			1 L05
Ep 6			1+0 L06				1G _d			1 L06
Ep 7										
Total			6+4				6G			6

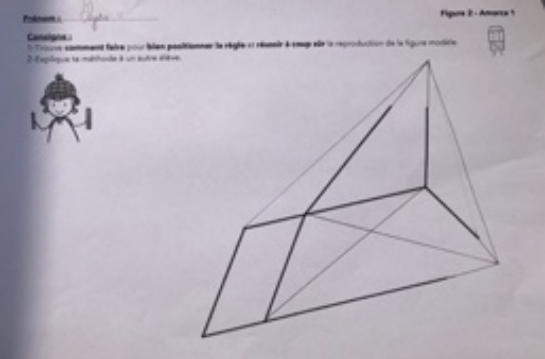
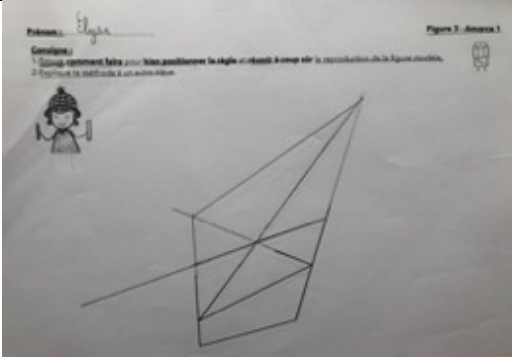
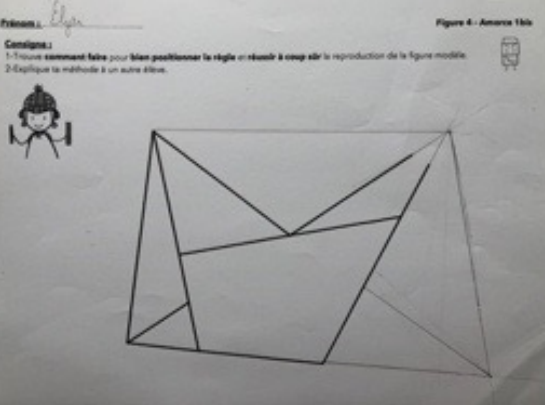
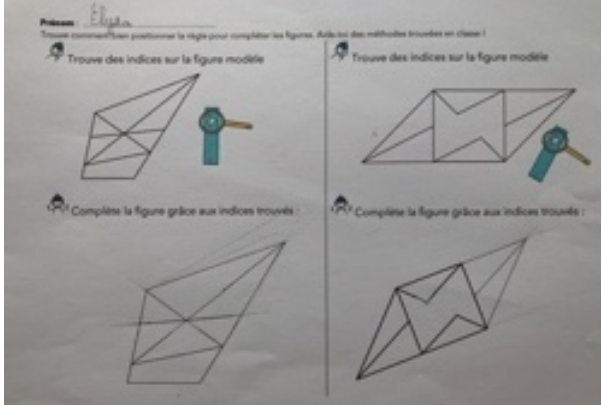
Élève : Paul Situation d'action n°3 - verbalisation de ses actions à la PE

Séance 3	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
	Com1 but	Com3. AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6. _C	LG	LT	LC
Ep 1		(1) 05	1+0 L01				1G _d	(1) 05		1 L01
Ep 2		(2) L11 ;15, 17	2+0 L07 ;09					(1) L11	(2) L15 ;17	1 L07
Total		(3)	3+0				1G	(2)	(2)	2

(1)= sur sollicitation de la PE

2-Binôme B1 : Elysa

2-1-Elysa : Productions réalisées

B1-ELYSA	
	
Situation d'action 1	Situation d'action 2
	
Situation d'action 3	Situation d'action 4

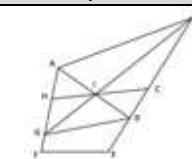
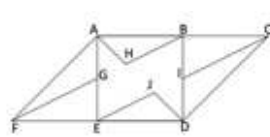
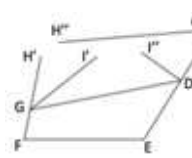
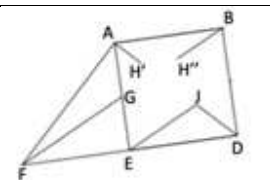

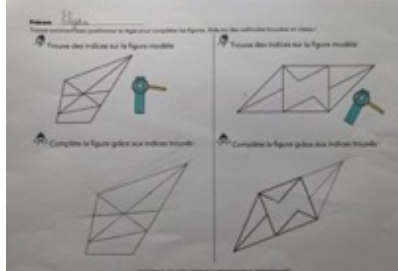

2-2-Elysa - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4 :

	B1-ELYSA	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées Figure 1 avant contrôle visuel	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [FC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [GC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [BC] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : [BD'] → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : [ED'''] → au jugé à partir de D'' <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : [ED'''''] → R1 (relie D' et D''''') <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de D''''' <input checked="" type="checkbox"/> Actions 7 et 8 : [FD] et [GE] → R2 • Contrôle visuel sur la figure modèle - Gomme [CD'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : et relie [CD'''''] → R2 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [AB] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [IC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [IB'] et [JB''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [AB] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : [BC'] / Tracé au jugé à partir de B → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie E à C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C' et [EC'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : [K'C'] / tracé au jugé à partir de C' → R0 <p>+ Intervention PE à la fin - identifie la relation d'alignement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gomme [KC] <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : tracé à partir de I jusque C' → R1 - nombreux réajustement de la règle - ne prend finalement pas appui sur le segment [AI]
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
7	Composante 2 : Règles d'actions	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments

8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

• Problèmes 7 et 8 :

	B1-ELYSA	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées  Figure 1 avant contrôle visuel	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [GI'] et [GI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [FH'] et [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de A <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : [AB'] / tracé au jugé à partir de A → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [EC'] • Contrôle - Prend conscience du problème pour B - gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : [AB'] / tracé au jugé à partir de A → R0 • Analyse la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : prolonge [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : prolonge à nouveau [EC'] → R3 • Contrôle - Identifie le point B attendu - gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie A et B (3 ^e essai) → R2	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [AB] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EJ] et obtention de F <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie C et D → R2
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4

7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
8	Schémes d'actions mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

2-3-Elysa – Verbalisation de ses actions

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

• Problème 3 :

2-4- Elysa - Analyse du schème de mise en mots

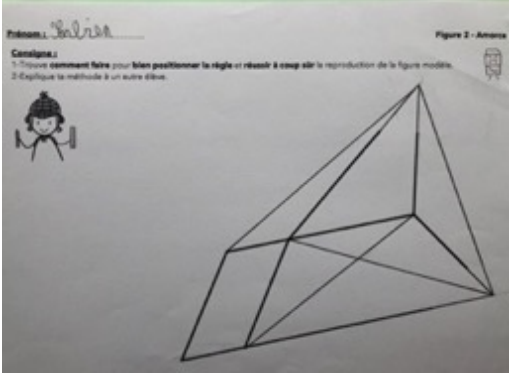
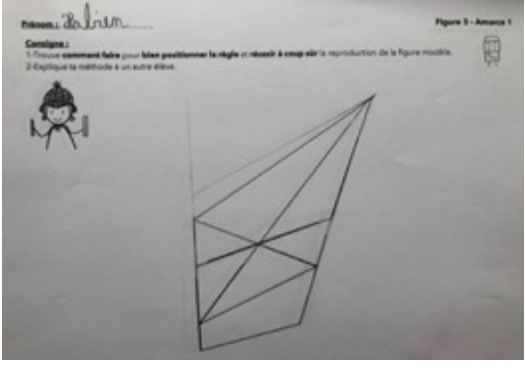
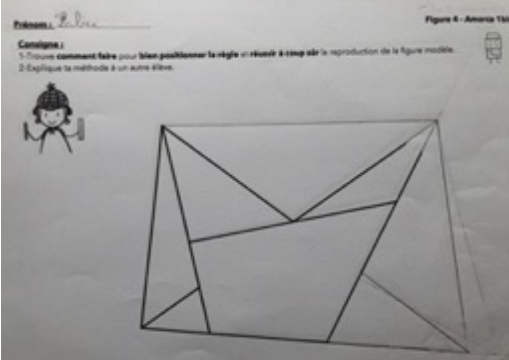
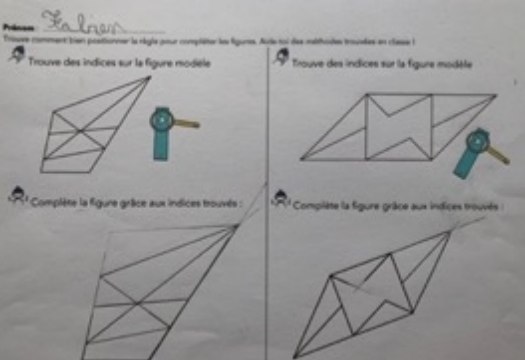
Élève : Elysa

Situation d'action n°2 - Séance 2

Séance 2	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé					
		Com3. AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6. _C	LG	LT	LC	
Ep 1		1 L01				1G _d				1 L01	
Ep 2			1+0 L02				1G _d			1 L02	
Ep 3			1+1 L03				2G _d	1 L03		1 L03	
Ep 4			1+0 L04				1G _d				
Ep 5			1+1 L05				2G _d	1 L05		1 L05	
Ep 6		1 L06	1+0 L06			1G _d	1G _d	1 L06			
Ep 7			1+0 L07				1G _d			1 L07	
Total		2	6+2			2G	8G	3		5	

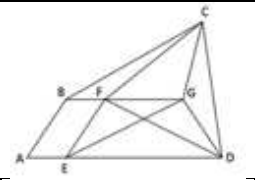
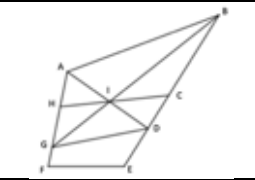
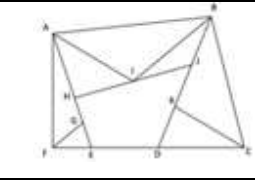
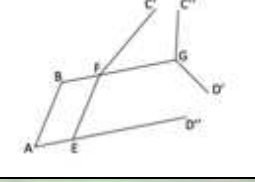
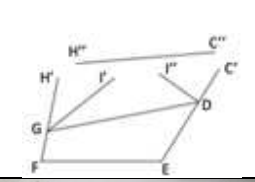
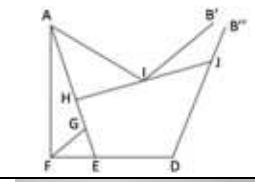

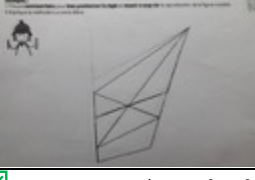

3-Binôme B2 : Fabien

3-1-Fabien : Productions réalisées

B2-FABIEN	
	
Situation d'action 1	Situation d'action 2
	
Situation d'action 3	Situation d'action 4

3-2-Fabien - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4 :

	B2-FABIEN	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [FC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [GC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [BC] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [ED''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [GD'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de D <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [CD] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Actions 7 et 8 : [FD] et [GE] → R2 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [FH'] → R3 , obtention de A' <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [C''H''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [EC'] → R3 , obtention de B' <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de A <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : [A''B] → R0 (trace au jugé à partir de B) • Analyse visuelle du modèle - Contrôle visuel → gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : [AB] → R2 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [IB'] et [JB''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [AB] → R2 • Analyse visuelle du modèle <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [ED], obtient C' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie B à C' → R1 • Analyse visuelle du modèle - Contrôle visuel → gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [ED], obtient C'' → R3 (trace un segment [DC''] plus long que [DC']) <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie B à C'' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : [K'C''] / tracé au jugé à partir de C' → R0 + Lors de la description de sa démarche à Lisa, identifie la relation d'alignement • Contrôle → gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : prolonge [AI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de K et C <input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : relie B à C → R2
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque <input type="checkbox"/>

8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schèmes d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

• Problèmes 7 et 8 :

	B2-FABIEN	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [FH'] (obtient A') et prolonge [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de A <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [GI'] et [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie A' et B → R1 <ul style="list-style-type: none"> • Analyse visuelle du modèle - Contrôle visuel → gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : prolonge [H''C''] <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H et C	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [AB] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EJ] et obtention de F <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie C et D → R2
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle

		<input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schèmes d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

3-3-Fabien – Verbalisation de ses actions

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

• Problème 4

3-4- Fabien- analyse du schème de mise en mots

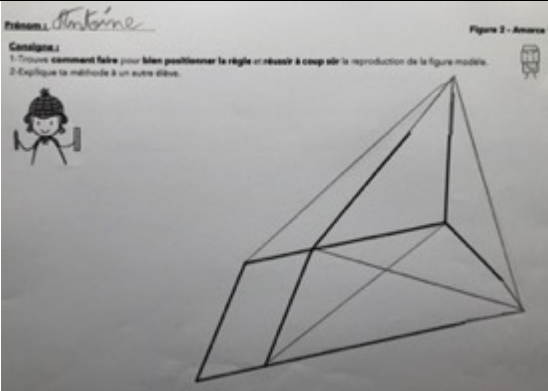
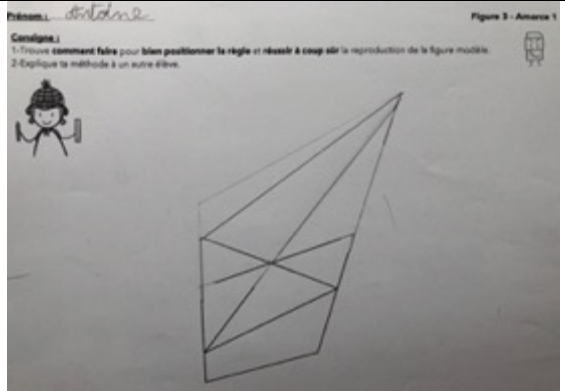
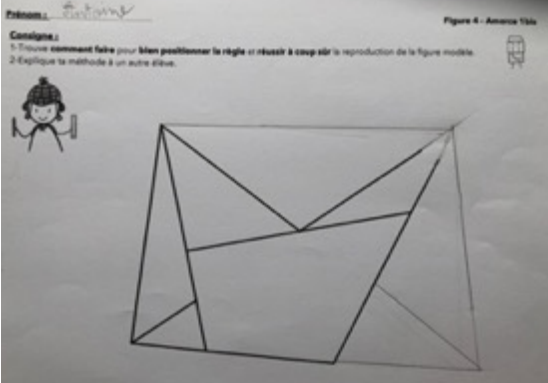
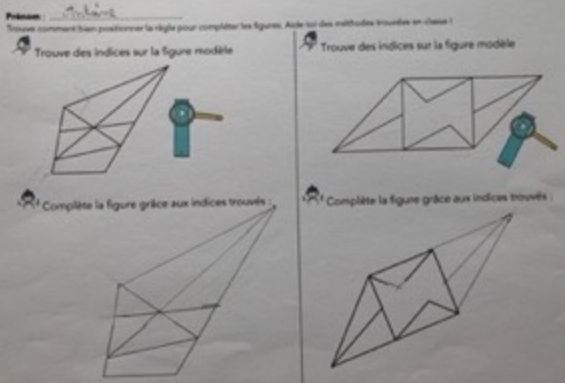
Élève : Fabien

Situation d'action n°3 - verbalisation de ses actions à Lisa

Séance 3	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
		Com3. AE1	Com3 _{-AE2}	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6 _{-C}	LG	LT	LC
Ep 1		1 L03	3+ 1 L01 ;03 ;05						1 L03	3 L01 ;03 ; 05
Ep 2			1+0 L05							1 L05
Ep 3			1+0 L07							1 L07
Ep 4			2+0 L13 ;19				2 L13 ;19 G _{d-ra}			1 L13
Total		1	7+1				2		1	6

4-Binôme B2 : Antoine

4-1-Antoine : Productions réalisées

B2-ANTOINE	
	
Situation d'action 1	Situation d'action 2
	
Situation d'action 3	Situation d'action 4

4-2-Antoine - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4

	B2-ANTOINE	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [FC'] et [GC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [BC] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Actions 4 et 5 : prolonge [ED'''] et [GD'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de D <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : [CD] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Actions 7 et 8 : [FD] et [GE] → R2 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [GI'] et [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [EC'] et [GI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Actions 5 et 6 : prolonge [FH'] et [DI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de A et A' <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie A' et B → R1 • Contrôle-Compare avec le modèle. Gomme [A'B] <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : prolonge [IC''] et [IH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H et C 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [IB'] et [JB''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [AB] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [ED] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : [BC'] / Tracé au jugé à partir de B → R0 • Analyse de la figure, contrôle visuo-spatial de la direction du segment [KC] avec son doigt <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : [K'C'] / tracé au jugé à partir de C' → R0
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schèmes d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4

10	Traitement du problème	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique
		<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

• Problèmes 7 et 8

	B2-ANTOINE	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [GI'] et [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [FH'] et [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de A <input checked="" type="checkbox"/> Actions 5 et 6 : prolonge [GI'] et prolonge [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : prolonge [H''C''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H et C	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [AB] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EJ] et obtention de F <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie C et D → R2
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 : Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	

4-3-Antoine -- Verbalisation de ses actions --

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

• **Problème 3**

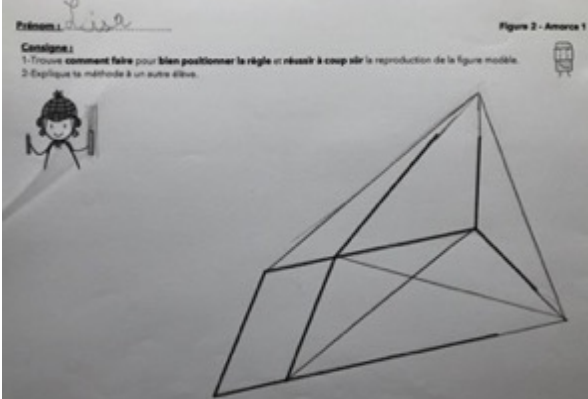
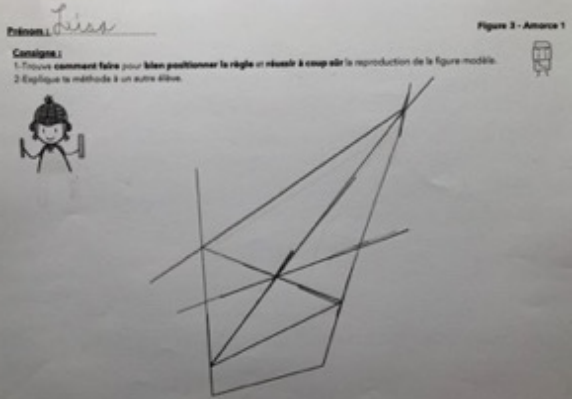
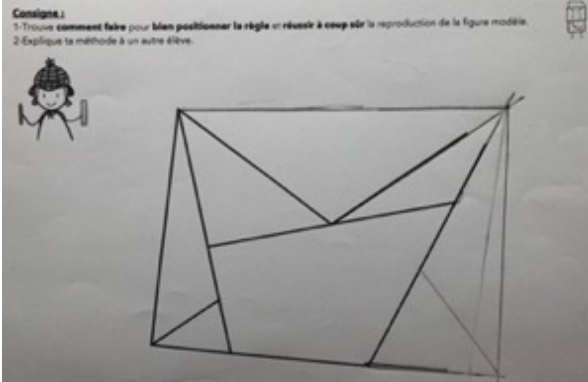
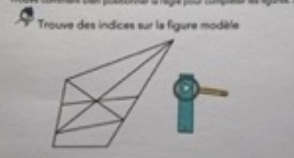
4-4- Antoine- analyse du schème de mise en mots

Élève : Antoine Situation d'action n°2 - verbalisation de ses actions à Fabien

Séance ...	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
		Com3. AE1	Com3. _{AE2}	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6. _C	LG	LT	LC
Ep 1			1+0 L01				1G _d			1 L01
Ep 2			1+0 L02				1G _d			1 L02
Ep 3		1 L03	1+1 L03				1G _d			1 L03
Ep 4			1+1 L04				1G _d			1 L04
Ep5			1+0 L05				1G _d			1 L05
Total		1	5+2							5

5-Binôme B3 : Lisa

5-1-Lisa : Productions réalisées

<p>B3-LISA</p> <p>Prénom: Lisa</p> <p>Figure 2 - Amorce 1</p> <p>Consignes: 1. Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2. Explique la méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: Lisa</p> <p>Figure 3 - Amorce 1</p> <p>Consignes: 1. Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2. Explique la méthode à un autre élève.</p> 
<p>Situation 1</p>	<p>Situation d'action 2</p>
<p>Prénom: Lisa</p> <p>Figure 4 - Amorce 1bis</p> <p>Consignes: 1. Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2. Explique la méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: Lisa</p> <p>Trouve comment bien positionner la règle pour compléter les figures. Aide-toi des méthodes trouvées en classe !</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p> <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés :</p> <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés :</p> 
<p>Situation d'action 3</p>	<p>Situation d'action 4</p>

5-2-Lisa - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4

	B3-LISA	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [FC'] et [GC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : [BC] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 et 5 : prolonge [ED'''] et [GD'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de D <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : [CD] → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Actions 7 et 8 : [FD] et [GE] → R2 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [H''C''] de part et d'autre → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [GH'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Actions 4 et 5 : prolonge [GI'] et [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Actions 6 et 7 : prolonge [FH] et [DI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de A <input checked="" type="checkbox"/> Actions 8 et 9 : prolonge [EC] et [GI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : relie A et B → R2 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [IB'] et [JB''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [ED] jusque C' → R3 • Analyse de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : [BC''] / veut tracer au jugé à partir de B → R0 - s'arrête • Analyse de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge à nouveau [ED] obtient C'' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : [BC'''] / trace au jugé à partir de B → R0 • Analyse de la figure modèle - Contrôle la direction du segment [BC] avec son doigt - Dis qu'elle ne comprend pas en appui sur indications visuo-spatiales- Gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : [BC'''''] / trace au jugé à partir de B → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : [AB] → R2 • Analyse de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : [K'C'] / tracé au jugé à partir de C'''' → R0
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4

7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-but et anticipations	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

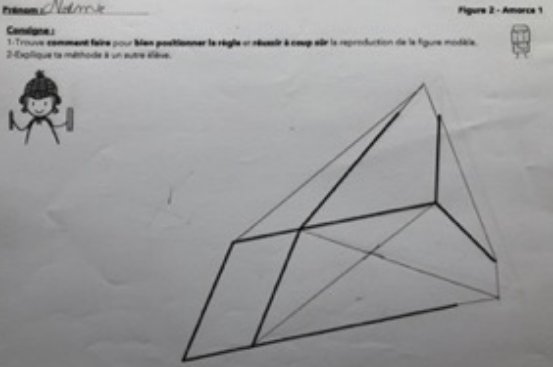
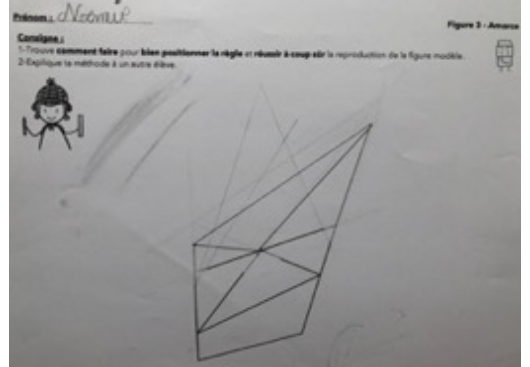
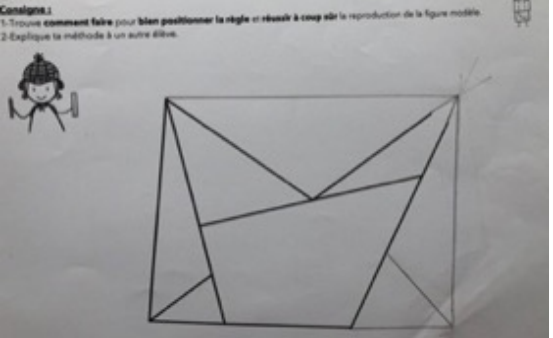




• Problèmes 7 et 8

	B3-LISA	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [FH'] et [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de A et I <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [C''H''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Actions 4 et 5 : prolonge [GI'] et [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B et C <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie A et B → R2	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [AB] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EJ] et obtention de F <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie C et D → R2
5	Composante 2 :	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet

	Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

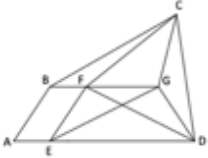
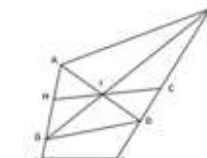
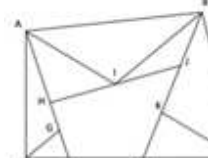
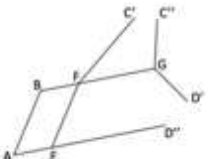
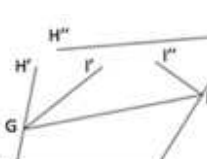
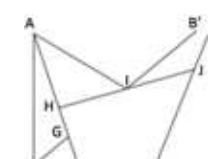



6-Binôme B3 : Noémie

6-1-Noémie - Productions réalisées

<p>B3-NOEMIE</p> <p>Prénom: <i>Noémie</i> Figure 2 - Amorce 1</p> <p>Consignes : 1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2- Explique la méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: <i>Noémie</i> Figure 3 - Amorce 2</p> <p>Consignes : 1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2- Explique la méthode à un autre élève.</p> 
<p>Situation d'action 1</p>	<p>Situation d'action 2</p>
<p>Prénom: <i>Noémie</i> Figure 4 - Amorce 3</p> <p>Consignes : 1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2- Explique la méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: <i>Noémie</i> Trouver comment bien positionner la règle pour compléter les figures. Aide toi des méthodes trouvées en classe !</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>  <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés.</p>  <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>  <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés.</p> 
<p>Situation d'action 3</p>	<p>Situation d'action 4</p>

6-2-Noémie - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4

	B3-NOEMIE	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [FC'] ; obtient C''' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : Relie B et C''' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : Relie C''' et D' <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : Prolonge [ED'] ; obtient D''' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie F et D''' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie E et G → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie D' et D''' → R1 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [G'I'] et [D'I'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : trace au jugé à partir de H' - obtient B' → R0 • Gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : trace au jugé à partir de H' - obtient B' → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie C' à B' → R1 • Gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [FH'] jusque A' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : Relie I et A' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [EC'] jusque B' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : Relie I et B' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie A' et B' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : prolonge [H''C''] → R3 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [IB'] et [JB''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : trace au jugé [DC'] obtient C' → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie B et C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : trace au jugé à partir de C' → R0
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions :	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle	<input checked="" type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle

		<input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schémas d'actions instrumentées	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

• Problèmes 7 et 8

	B3-NOEMIE	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [GI'] et [DI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [FH'] et [H''C''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Actions 5 et 6 : prolonge [EC'] et [H''C''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : trace au jugé à partir de H, obtient B' → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie C et B' → R1 Gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : Prolonge [GI], obtient B'' <input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : relie H et B'' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 11 : Relie H et B'' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 12 : Prolonge [DI], obtient A' → R3	<input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : trace au jugé [BC'] à partir de B, obtient C' → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie D et C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : trace au jugé à partir de C' → R0
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment

			<input type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 2 : Règles d'actions :	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4
7	Composante 1 : But poursuivi par l'élève, sous-buts et anticipations	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque	<input type="checkbox"/> Obtenir deux points-sommets avant de les relier pour représenter un segment de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Relier des points-extrémités de segments pour représenter un segment quelconque
8	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets I, H, C	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
9	Schémas d'actions instrumentées	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
10	Traitement du problème	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique	<input type="checkbox"/> Problématique de modélisation analogique <input checked="" type="checkbox"/> Problématique de modélisation spatio-géométrique

5- Tableau global de l'analyse des schèmes d'action des six élèves suivis

Classe 1	Problème 2	Problème 3	Problème 4		Problème 7	Problème 8
Paul	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4		<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
Elysa	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4		<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
Fabien	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4		<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
Antoine	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4		<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
Lisa	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4		<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
Noémie	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4		<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4

Tableau global de l'analyse des schèmes d'actions instrumentées des élèves de la classe 1

Annexe 8 : Situations de formulation - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chaque binôme suivi :

1- Les productions réalisées, pour chacune des deux situations de formulation ;

~~2- Les transcriptions des échanges entre les deux élèves ;~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

3- Les tableaux d'analyse du schème communicatif et du schème discursif des élèves.

→ Ces éléments sont présentés par ordre des binômes :

B1 : Paul - Elysa ;

B2 : Antoine - Fabien ;

B3 : Lisa, Noémie

4- Les tableaux d'analyse globaux

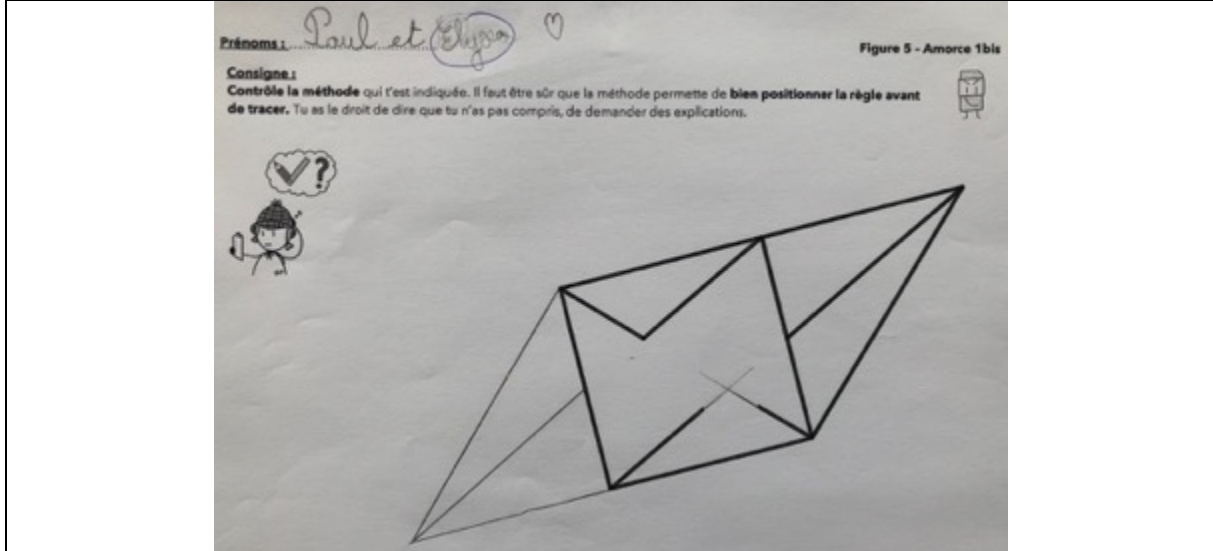
- du schème de mise en mots ;
- du schème communicatif ;
- du schème discursif,

de l'ensemble des six élèves suivis.

1-Binôme B1 : Paul et Elysa

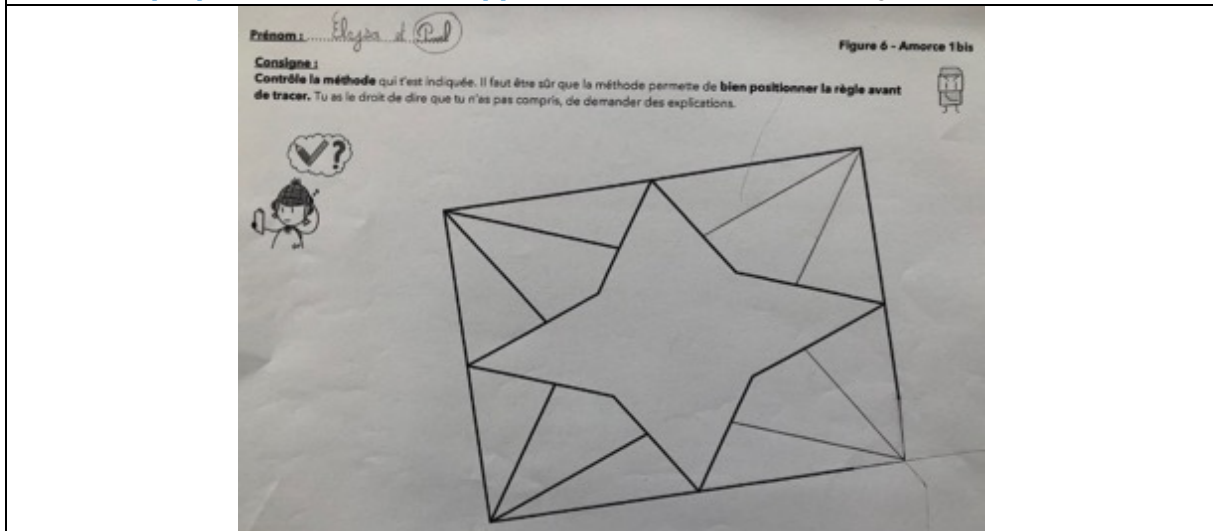
1-1-Productions réalisées

B1-Élève-proposant : Elysa ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Paul



Situation de formulation n°1

B1- Élève-proposant : Paul ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Elysa



Situation de formulation n°2

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

1-3-Tableaux d'analyse du schème communicatif des élèves.

Élève-proposant : ELYSA

Situation de formulation n°1 (séance 4)

	Comp1 but	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
		Com3 _{AE1}	Com4 _{AE2}	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6 _{RA}	Com6 _C	LG	LT	LC
Ep 1		1 L01	1+1 L03 ;05 ;0 7			2 G _d - L01-11		1 L01	1 L01	2 L03;05
Ep 2		1 L09	1+1 L13	(1) L11	1 L15		1G _d - L13		1 L09	1 L10
Ep 3		4 L16;18;20;22						1	1 L16	2 L18;20;2 2
Ep 4		1 L27	2+1 L25 ;31		(1) L33					2 L27
Ep 5		2 L34 ;37	2+2 L39 ;41					1	1 L35	1
Ep6										
Ep7										
Total		9	6+5	1	2	2G	1G	3	4	8

= à la demande à son binôme.

Ep6 et 7 : Paul prend en charge les tracés

Élève-proposant : PAUL

Situation de formulation n°2 (séance 5)

	Comp1 but	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
		Com3 _{AE1}	Com4. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6 _C	LG	LT	LC
Ep 1		3 L02 ;04 ;06	1+1 L09	1 L09	1 L12	1 G _d - L04-06	1 G _d -L09	1 L06	2 L02 ;04	
Ep 2		2 L13 ;15 ;16 ;17	1+1 L19			2 G _d - L13-17	1 G _d -L19		2 L13- L17	2 L15 ;16
Ep 3			2+2 L22 ;24	1 L24	1 L26	1 G _d - L22		2 L22- 24		
Ep 4		1 L29	1+1 L31	1 L31	2 L33 ;35	2 G _d - L28-29			2 L29	
Ep 5		3 L36 ;38 ;40	1+1 L48	1 L40	1 L50	3 G _d - L36-38- 48	1F L44 1 G _d -L44	1 L44	2 L36	3
Ep 6		1 L51	1+1 L55	1 L53	1 L57	1 G _d - L51	1 G _d -L55		1 L51	2
Total		10	7+7	5	6	10G _d	1F+4G _d	4	9	7

1-4-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.

Élève-contrôleur PAUL Schème discursif

Séance 4	Stade 1 : réception de la proposition				Stade 2 : opposition				Stade 4 argument	
	AE1 AE2 Trace sans tenir compte instruction	Aide com AE1	Dis1- cont- comAE1	Dis1- cont- comAE2	Dis2- <small>incomp- spatiale</small>	Dis2.Prise position- explicite- Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-3- contr- info- géom	Dis4-RA	Dis4- C
Ep 1					2 L 02 ; 04					
Ep 2			1 L10					1 L 10		
Ep 3						2 L 21 ; 23		2 L 17 ; 19		
Ep 4				2	1				1 L 24	
Ep 5						2 L 36 ; 38	2 L 42 ; 44		1 L36	1 L44
Ep 6									2 L45 ; 47	1 L46
Ep 7	1								1	
Total	1		1	2	3	4	2	3	4	2

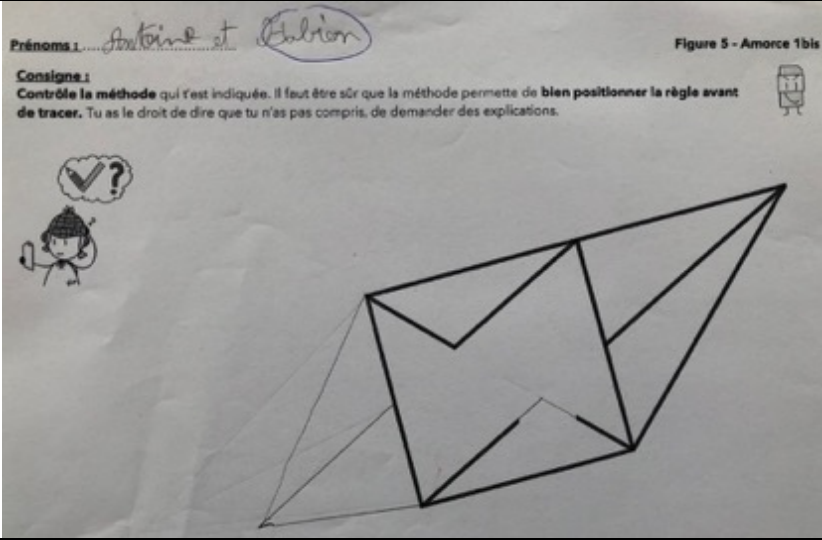
Élève-contrôleur ELYSA - Schème discursif

Séance 5	Stade 1 : réception de la proposition				Stade 2 : opposition				Stade 4 argument	
	AE1 AE2 Trace sans tenir compte instruction	Aide com AE1	Dis1- cont- comAE1	Dis1- cont- comAE2	Dis2- <small>incomp- spatiale</small>	Dis2.Prise position- explicite- Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-3- contr- info- géom	Dis4- RA	Dis4-C
Ep 1										
Ep 2					2 (L 14 ; 16)					
Ep 3										
Ep 4					3 (L 37 ; 41 ; 45)					
Ep 5										
Ep 6								1 L 52		
Total					5			1		

2-Binôme B2 : Antoine et Fabien

2-1-Productions réalisées

B2-Elève-proposant : Fabien ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Antoine



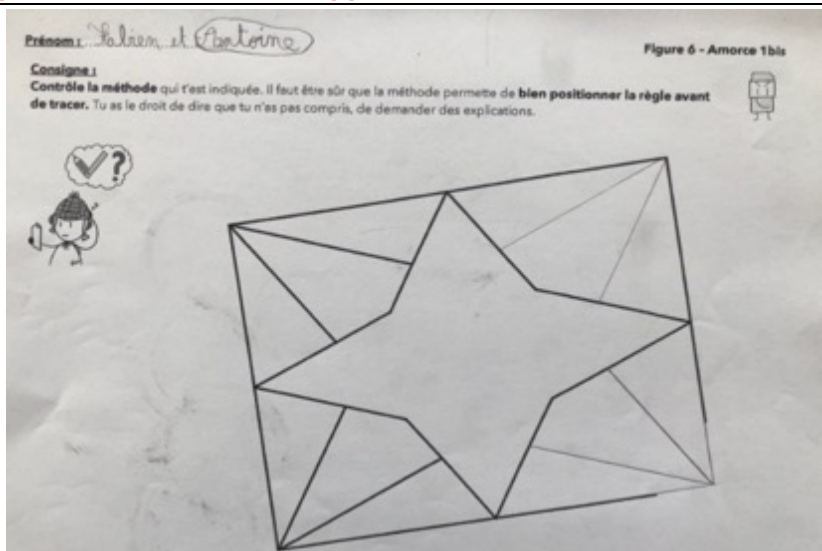
Prénoms : Antoine et Fabien

Figure 5 - Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.

Situation de formulation n°1

B2- Élève-proposant : Antoine ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Fabien



Prénoms : Fabien et Antoine

Figure 6 - Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.

Situation de formulation n°2

• Situation de formulation n°2 :

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

--	--	--	--	--

2-3-Tableaux d'analyse du schème communicatif des élèves.

Élève-proposant : **FABIEN**

Situation de formulation n°1 (séance 4)

	Comp1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé						
		Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C	LG	LT	LC		
Ep 1	Com1 but	3 L02 ;04 ;06	1+0 L01				2 G _d - L02-06		1 L06	3		
Ep 2			1+1 L 12 ;14									
Ep 3							1 L18	1 L18				
Ep 4												
Ep 5			1+3 L33 ;35 ;37	1 L31	2 L29 ;33	1 G _d - L33				3		
Ep 6		1 L45	1+0 L43	2 L45 ; 47						4		
Ep 7		1 L68	2+0 L55 ;57	1 L54			2 G _d - L55		1	3		
Ep 8		1 L62	2+0 L72 ;74	4 L60 ; 64 ;66 ;68			1 L62 2 G _d - L62-68			4		
Ep 9				1 L84	1 L82	2 G _d - L62-68	1 G _d - L84					
Total :		6	8+4	9	3	3G	5G+2F	1	2	17		

Ep 4 à 5 : Antoine prend en charge le tracé, ne prend pas en compte les instructions de Fabien

Élève-proposant : **ANTOINE**

Situation de formulation n°2 (séance 5)

	Comp1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé						
		Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C	LG	LT	LC		
Ep 1	Com1 but	3 L01;03;04	2+2 L01 ;06	1		1 G _R L04	1 G _d -L06	1 L06		3		
Ep 2		1 L09	2+1 L11 ;12	2 L11 ; L12		1 G _R L08	1 G _d -L11		1			
Ep 3	1 L14	3 L14 ;16 ;18	2+0 L18 ;20	1 L20		2 G _R L14 ;18			4			
Ep 4		1 L22	1+0 L23			1 G _R L22		1 L23	1			
Ep 5		1 L27	1+1 L29	1 L29		1 G _R L27				1		
Total	1	9	8+4	5		6G _R	2G _d	2	6	4		

2-4-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.

Élève-contrôleur : ANTOINE

Séance 4	Stade 1 : réception de la proposition				Stade 2 : opposition				Stade 4 argument	
	AE1 - AE2 Trace sans tenir compte instruction	Aide com AE1	Dis1- cont- comAE1	Dis1- cont- comAE2	Dis2.incomp- spatiale	Dis2.Prise position- explicite- Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-3- contr- info- géom	Dis4- RA	Dis4-C
Ep 1		1 L 7	1 L 5							
Ep 2		1 L 9								
Ep 3										
Ep 4		2 L23-24								
Ep 5	2						1 L 32			
Ep 6			1				1 L 46			
Ep 7	1									
Ep 8	2						2 L 69 ; 71			
Total	4	4	2				4			

Élève-contrôleur : FABIEN - Schème discursif

Séance 5	Stade 1 : réception de la proposition				Stade 2 : opposition				Stade 4 : arguments	
	AE1 AE2 Trace sans tenir compte instruction	Aide com AE1	Dis1- cont- comAE1	Dis1- cont- comAE2	Dis2.incomp- spatiale	Dis2.Prise position- explicite- Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-3- contr- info- géom	Dis4-RA	Dis4-C
Ep 1					1 L 02					
Ep 2			1 L10							
Ep 3			2 L17 ; 19							
Ep 4										
Ep 5			1 L 28							
Ep 6										
Total			4		1					

3-Binôme B3 : Lisa et Noémie

3-1-Productions réalisées

B3-Élève-proposant : Lisa ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Noémie

Prénoms : *Noémie et Lisa* *Amorces*

Figure 5 - Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.

✓ ?

Situation de formulation n°1

B1- Élève-proposant : Noémie ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Lisa

Prénom : *Lisa et Noémie*

Figure 6 - Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.

✓ ?

Situation de formulation n°2

3-2-Transcription des échanges

• Situation de formulation n°1 :

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-3-Tableaux d'analyse du schème communicatif des élèves.

Élève-proposant : LISA

Situation de formulation n°1 (séance 4)

	Comp1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
		Com3. AE1	Com4. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6-RA	Com6.c	LG	LT	LC
Ep 1	Com1 but	1 L01	1+1 L03			1 G _d - L01	1G _d - L03		1 L01	
Ep 2		1 L05	1+0 L06		1 L06	1 G _d - L05		1	1 L05	
Ep 3		1 L07	1+1 L09			1 G _d - L07	1G _d - L09		1 L07	
Ep 4		2 L11 ;13		1 L19			1G _d - L13			2 L13 ; L11
Ep 5		1 L17	1+0 L15	1 L19			1F L21 1G _d - L21			2 L15 ;17
Total		6	4+2	2	1	2G	1F+4G	1	3	4

Élève-proposant : NOEMIE

Situation de formulation n°2 (séance 5)

	Comp1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé				
		Com3. AE1	Com4. AE2	Com5-Cont- AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6.c	LG	LT	LC
Ep 1	1 L06		2+2 L09 ;11			1 G _d -L06		2 L09 ;11		1
Ep 2	1 L14	4 L16 ;1 8 ; 20 ;22	1+(1) L26 ;28			1 G _d -L24			2 L22 ; 24	4 L16 ; 18 ;2 0 ; 22
Ep 3	1 L30	2 L32 ;3 4	1+0 L36	1		1 G _R L34	1 G _d L34		1 L32	2 L32
Ep 4	1 L40		1+0 L41							
Ep 5	1 L49 ;53	1 L55	1+0 L59		10+2 L09,11,14,30 ,40,41,49,59, 61,64					2
Ep 6	1 L61	2 L63 ;6 4	1+0 L64	1 L66		1 G _d -L64				3
Ep 7		2 L68 ;6 9	1+0 L71			1 G _{d+R} L69				1
Total	6	11	8+2	2	10	4G _d 2G _R	1G _d	2	3	13

Présence de Dis3Q : L 43 ; 47 Présence de Dis2-planif : 47. Présence de DisRA : 46

2-4-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.

Élève-contrôleur : NOEMIE - Schème discursif

Séance 4	Stade 1 : réception de la proposition				Stade 2 : incompr	Stade 2 : opposition			Stade 4 argument	
	AE1 AE2 Trace sans prendre en compte instruction	Aide com AE1	Dis1-cont-comAE1	Dis1-cont-comAE2	Dis2. incomp-spatiale	Dis2.Prise position-explicite-Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-3-contr-info-géom	Dis4-RA	Dis4-C
Ep 1										
Ep 2										
Ep 3										
Ep 4										
Ep 5					1 L16					
Total					1					

Instructions bien données par Lisa, peu d'opposition à réaliser

Élève-contrôleur : LISA - Schème discursif

Séance 5	Stade 1 : réception de la proposition				Stade 2 : incompr	Stade 2 : opposition			Stade 4 argument	
	AE1 AE2 Trace sans prendre en compte instruction	Aide com AE1	Dis1-cont-comAE1	Dis1-cont-comAE2	Dis2. incomp-spatiale	Dis2. Prise position-explicite-Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-3-contr-info-géom	Dis4-RA	Dis4-C
Ep 1		1 L07	1	1						
Ep 2			2 L15 ; 23		4 L15 ; 17 ; 19 ; 21					
Ep 3		1 L31				2 L 42 ; 46				
Ep 4						1 L 50			1 52 +PE	
Ep 5					1 L65		1 L62			
Ep 6				1 L72	1 65					
Total		2	3	2	6	3	1		1	

4-Tableaux globaux d'analyse du schème communicatif et du schème discursif

TABLEAU GENERAL de certains ELEVES - Situation d'action - Schème de mises en mots

	Comp 1	Composante 2				Composante 3- Gestes et Langage utilisé					
	Com1 but	Com3. AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6. RA	Com6.c	LG	LT	LC	
Paul-S1	3		4+0				4G _d		3	4	
Paul S2			6+4				7G _d			6	
Elysa S2		2	6+2			2G _d	7G _d	3		5	
Antoine S2		1	5+2				5G _d			5	
Paul S3		(3)	3+0				1G _d	(2)	(2)	2	
Fabien S3		1	7+1				1G _d +2F		1	6	

TABLEAU GENERAL des 6 ELEVES - Situation de formulation - Schème communicatif

	Comp 1	Composante 2				Composante 3 - Gestes et Langage utilisé					
	Com1 but	Com3. AE1	Com3. AE2	Com5. Cont-AE1	Com5. Cont-AE2	Com6.RA	Com6.c	LG	LT	LC	
Elysa S4		9	6+5	1	2	2G _d	1G _d	3	4	8	
Fabien S4		6	8+4	9	3	3G _d	5G _d +2F	1	2	17	
Antoine S5	1	9	8+4	5		6G _R	2G _d	2	6	4	
Paul S5	0	10	7+7	5	6	10G _d	4G _d +1F	4	9	6	
Noémie S5	6	11	8+2	2	10	4G _d +2G _R	1G _d	2	3	13	
Lisa S4	0	6	4+2	2	1	2G _d	4G _d +1F	1	3	4	

TABLEAU GENERAL POUR LES 6 ELEVES - Situation de formulation - Schème discursif

Séance	Stade 1 : réception de la proposition				Stade 2 : opposition				Stade 4 argument	
	AE1 AE2 Trace sans prendre en compte instruction	Aide com AE1	Dis1- cont- comAE1	Dis1- cont- comAE2	Dis2- incomp- spatiale	Dis2.Prise position- explicite- Valid	Dis2.Met en doute la proposition	Dis2-3- contr- info- géom	Dis4- RA	Dis4-C
Paul S4	1		1	2	3	4	2	3	4	2
Elysa S5					5			1		
Antoine S4	4	4	2				4			
Fabien S5			4		1					
Noémie S4					1					
Lisa S5		2	3	2	6	3	1		1	

Annexe 9 : Situation de validation - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chaque binôme suivi :

1- Le et les énoncés de règles d'action produits,

~~2- Les transcriptions des échanges entre les élèves ;~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

3- Les tableaux d'analyse du schème communicatif des élèves.

Ces éléments sont présentés par ordre des groupes :

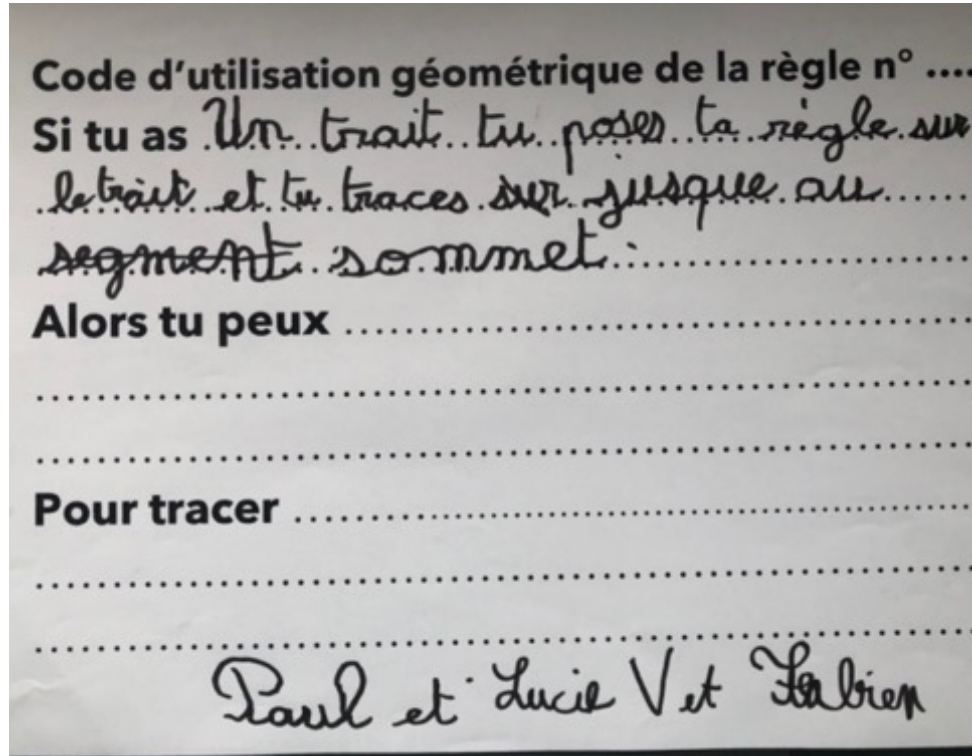
B1 : Paul, Fabien, Lucie ;

B2 : Elysa, Antoine, Kyara ;

B3 : Lisa, Kenza, Maël (Noémie absente)

1-Groupe 1 : Paul - Fabien - Lucie

1-1-Enoncés des règles d'action produits



1-2-Transcription des échanges entre les élèves

Groupe 1 : Paul - Fabien - Lucie

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

1-3- Tableau d'analyse du schème communicatif des élèves

Groupe : Paul - Fabien + Lucie - RA3 : prolonger

	Com p1	Composante 2	Composante 3 - Gestes et Langage utilisé	Dis2-point de vue/valid
--	--------	--------------	--	-------------------------

	Com1 but	Com3-info	Com3-AE1	Com4-AE2	Com6. RA	Com6. C	LG	LT	LC	
Paul	2	2	2	4			3	1	1	
	02-08	02 10	10+Gd 18+Gd	02t-04t- 08t+z- 10t+z 18t+z			02 08 18	18	06	
Fabien		1	1							1
		14	14+Gd							13
Lucie										2
										11-12
RA écrite		1	1	1						
		19	19	19t+z						
PE	1		2						2	
	07		03-05						03 05	

(...)= suite à l'intervention de la PE

2-Groupe 2 : Elysa - Antoine - Kyara

2-1- Énoncés des règles d'action produits

Code d'utilisation géométrique de la règle n°
Si tu as .. des .. segment .. aligné ..
.....
.....
Alors tu peux ... les .. tracer .. est tu obtient .. une .. figure
.. comme .. par .. exemple .. un .. triangle .. est ..
.....
Pour tracer une .. figure .. tu .. doit .. bien .. te .. concentré
.....
.....
Elysa Kyara Antoine

Code d'utilisation géométrique de la règle n°
Si tu as un ... trait .. déjà .. tracer .. tu .. poses .. ta .. règle
.. sur .. ce .. trait .. est .. tu .. trace .. jusqu'au .. bout .. du .. trait ..
.....
Alors tu peux ... ~~un~~ .. tracer .. aussi .. relier .. un .. trait
.....
Pour tracer ..
.....
.....
Kyara Antoine Elysa

2-2-Transcription des échanges entre les élèves

Groupe 2 : Elysa - Antoine - Kyara (Noémie absente)

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-3- Tableau d'analyse du schème communicatif des élèves

Groupe : Elysa - Antoine + Kyara - RA3 prolonger et RA4 : reproduire alignement

	Comp1	Composante 2			Composante 3 - Gestes et Langage utilisé						Dis2 _{point de vue/valid}	
	Com1 but	Com3-info	Com3 _{AE1}	Com4 _{AE2}	Com6 _{RA}	Com6 _C	LG	LT	LC			
RA3												
Elysa	1	2	1	1			1	1	2			
	20	02 04	04	06t+z			20	04	02 06			
Kyara												1
												17
Antoine												
RA écrite		1	1	1								
		16	16	16								
PE												

RA4												
Elysa	1	1	1									1
	38	30	38t									38
Kyara												
Antoine						1	2					
						30	30 38					
RA écrite	1	1	0	1								
	38	38	x	38								
PE			3			1			1			
			31-33-36			34			34			

(...)= suite à l'intervention de la PE

3-Groupe 3: Lisa - Kenza - Maël

3-1-Productions : énoncés des règles d'action écrits

^{sc}
Code d'utilisation géométrique de la règle n° 1.
Si tu as des segments alignés, tu passes ta règle sur les segments alignés puis tu ~~traces~~ traces un trait.....
Alors tu peux
.....
Pour tracer
.....
Lisa + Maël.

Code d'utilisation géométrique de la règle n° 3.
Si tu as deux sommets.....
.....
Alors tu peux tracer un segment.....
.....
Pour tracer un trait tu passes ta règle sur deux sommets.....
.....
Maël + Lisa

3-2-Transcription des échanges entre les élèves

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

Groupe 3 : Lisa - Kenza - Maël

3-3- Tableau d'analyse du schème communicatif des élèves

Groupe : Lisa + Kenza + Maël (Noémie absente) - RA4 : reproduire alignement

	Comp1	Composante 2			Composante 3 - Gestes et Langage utilisé						Dis2-point de vue/valid	
		Com1 but	Com3-info	Com3-AE1	Com4-AE2	Com6. RA	Com6. C	LG	LT	LC		
Lisa	1	2	3	2			2		2			
	02	10 14	(08+Gd) 10 14	10t 14			10 14		02 08			
Kenza			2					2	1			
			03 (07)					13 (07)	12			
Maël												
						34			34			
RA écrite		1	1	1								
		16	16	16			16	16	16			
PE	2	1	1				1					
	01-04	09	13				37					
Total												

(...)= suite à l'intervention de la PE

Annexe 10 : Situation de décision - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chaque binôme suivi :

1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision ;

~~2- Les transcriptions des échanges entre les deux élèves ;~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

3- Les tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.

Ces éléments sont présentés par ordre des binômes :

B1 : Paul - Elysa ;

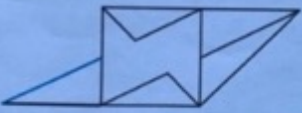

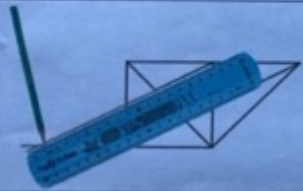

B2 : Antoine - Fabien ;

B3 : Lisa, Noémie





1-Binôme B1 : Paul et Elysa

1-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision

• Groupe 3 - Figure 5 *Paul - Elysa*

 <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer</p> <p>J'ai prolongé ce segment.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>tu as fait la bonne méthode parce que tu as vu le segment aligné mais tu as tracé dans la forme donc il faudra donner juste dans la forme</i></p> <p><i>Très bon travail !!</i></p>
	<p>J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.</p>		

• Groupe 3 - Figure 4 *Paul - Elysa*

 <p>SEGMENT que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée.</p> <p>J'ai tracé un trait.</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>les côtés ne sont pas alignés. Tu n'as pas posé la règle sur le segment aligné.</i></p>
	<p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p>		

~~1-2-Transcriptions des échanges entre les deux élèves~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

Série 3- problème n°1- Binôme B1 : Paul et Elysa

1-3-Tableaux d'analyse du schème discursif des élèves.



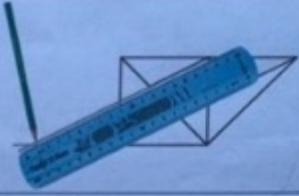

	Stade 2		Stade 3	Stade 4-communication d'arguments				Stade 4-conclusion : argument proposé			
	Prendre position/ opposition		Passage vers rech d'arg.	Composante 2 : contrôles effectués, communiqués				Composante 3 : contenu de l'argument écrit			
	Dis2 _{Prise position-Valid}	Dis2 _{Met en doute}	Dis3Q	Dis4				Dis4			
				Com3- Cont- info-modele	Com3. Cont-RA- AE1	Com4. Cont-C-AE2-	Com. Cont-Autre	Com6. RA-info	Com6 -RA-AE1	Com6 _C . AE2	Com. Cont- Autre
Pb 1											
Paul	5				3				1	1	
	02-05-07- 11-16				04+G _R 14 23				23	23	
Elysa		2	1	2	1	3				1	
		03-06	13	08+G _d 09+G_R	06+G _R	08+G _d 10+ G_R 15				26	
PE											
Pb 2											
Paul	4			1				1		1	1
	28-30-(40) - (44)			32-(55)				59		32	59
Elysa		2	1		1	1	3			1	1
		29-(45)	31		(49)	(51)	29-35- (39)-			51+G _d	36
PE	4		1		1					1	
	37-39-43 56		41		54					54	

	Langage utilisé			
	LG	LT	LC	
Paul	3	2		
	23 32-55	14 -23		
Elysa	6	1	1	
	08-09-10- 15-24-26	26	51	
PE				



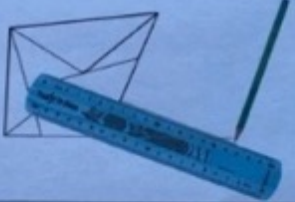

2-Binôme B2 : Antoine et Fabien

2-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision ;

• Groupe 3 - Figure 5 *Antoine et Fabien*

			
SEGMENT que j'ai cherché à reproduire		Figure à compléter	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer.</p> <p>J'ai prolongé ce segment.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>tu à placer ta règle sur le bon segment alignée.</i></p>
	<p>J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.</p>		

• Groupe 3 - Figure 4 *Fabien et Antoine*

			
SEGMENT que j'ai cherché à reproduire		Figure à compléter	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée.</p> <p>J'ai tracé un trait.</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>tu a pas placer la règle sur le segment alignée.</i></p>
	<p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p>		

~~2-1- Transcriptions des échanges entre les deux élèves~~

Série 3 - Problème n°1 - Binôme B2 : Antoine et Fabien

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-3-Tableau d'analyse du schème discursif des élèves - Binôme B2

- Fabien-Antoine

	Stade 2		Stade 3	Stade 4-communication d'arguments				Stade 4-conclusion : argument proposé			
	Prendre position/ opposition		Passage vers rech d'arg.	Composante 2 : contrôles effectués, communiqués				Composante 3 : contenu de l'argument écrit			
	Dis2-Prise position- Valid	Dis2.Met en doute	Dis3Q	Dis4				Dis4			
				Com3- Cont- info- modele	Com3. Cont- RA- AE1	Com4. Cont.C- AE2-	Com. Cont-Autre	Com6. RA-info	Com 6-RA- AE1	Com6. C-AE2	Com. Cont- Autre
Pb 1											
Fabien	3		2	6	10	10	4	2	1		
	07-16-33		19-20	08+G _d 12+G_d 13+G_d 15+G _d (30)+G _d R (46)+G _d R	15+G _d 16+G _d 21 (23)+G _d (27)+G _d (32)+G _d R (37)+G _d (39)+G _d (44)+G _d R (53)+G _d R	03+G _d 05+G _d 11+G _d 12+G_d 13+G_d 14+G_d 15+G _d 16+G _d (25)+G _d (42)+G _d	07+G _d 16 25+G _d 35+G _d	56-58	56		
Antoine	2			2	2	2		1			
	04-06			28 (51)+G _d R	(52)+G _d R (54)+G _d R	02 57		57			
PE	1		8	1		4					
+22	55		24-26- 34-36- 38-40- 45-49-	29		26-34 47-49					
Pb 2											
Fabien	5						3	1			1
	62-64- 66-(71)- (75)						62-64- 67-	80			69
Antoine		1			1						
		63			61+G _R						
PE	1	2									
	76	70-74									

(...)= suite à une intervention de la PE

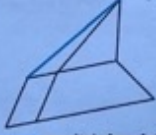
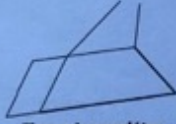


Remarque : 12 = Comme Elysa mais en langage courant

	Langage utilisé				
	LG	LT	LC		
Fabien		4	15		
		21-23-37-80	05-08-12-13-35-56-07-12-13-14-16-25-30-35-42		
Antoine	3				
	02-04-57				
PE :	3	2			
	38-41-49	38-41			





3-Binôme B3 : Lisa et Julia (Noémie absente)

3-1-Arguments produits, pour chacune des deux situations de décision :

• Groupe 2 - Figure 2 *Lisa Julia*

 <p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur un point.</p> <p>Ensuite j'ai tracé un trait penché</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>Parce que elle n'a pas fini le point d'intersection.</i></p>
	<p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p>		

• Groupe 2 - Figure 4

 <p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les deux points situés aux extrémités du segment cherché.</p> <p>J'ai tracé un trait droit pour relier les deux points.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>Elle a bien fait son segment.</i></p>
	<p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p>		

3-2-~~Transcriptions des échanges entre les deux élèves~~

Série 2 - Problème n°1 - Binôme B3 : Lisa et Julia

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

Série 2 - Problème n°2 - Binôme B3 : Lisa et Julia

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

3-3-Tableau d'analyse du schème discursif des élèves

	Stade 2		Stade 3	Stade 4-communication d'arguments				Stade 5-conclusion : argument proposé			
	Prendre position/ opposition		Passage vers rech d'arg.	Composante 2 : contrôles effectués, communiqués				Composante 3 : contenu de l'argument écrit			
	Dis2-Prise position-Valid	Dis2-Met en doute	Dis3Q	Dis4				Dis4			
				Com3- Cont- info- modele	Com3- Cont- RA- AE1	Com4- Cont.c- AE2-	Com. Cont-Autre	Com6. RA-info	Com 6-RA- AE1	Com6. C-AE2	Com. Cont- Autre
Pb 1											
Lisa	1					2				1	
	08					02+Gd				10	
Noémie	1				2						
	01				03-07						
PE											
Pb 2										1	
Lisa										11	
Noémie											
PE											

(...)= suite à une intervention de la PE

	Langage utilisé		
	LG	LT	LC
Pb 1			
Lisa	4		
	02-04-06- 10		
Julia	1		
	04		
PE :			
Pb 2			
Lisa	1		
	11		
Julia			

Annexe 11 : Situations d'action - Données Enseignante

Nous présentons dans cette annexe,

~~1-La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation et de la phase d'institutionnalisation locale de savoirs et savoir faire :~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

→ pour chacune des situations d'action n°1, 2, 3

Nous présentons ensuite :

3-Quelques photos des référents réalisés par l'enseignante que nous avons extraites des enregistrements vidéo.

1-Situation d'action n°1

1-1-Transcription du déroulement

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

Phases de validation et d'institutionnalisation des savoirs et savoir-faire

1-2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°1 - Interventions / schème communicatif / situation d'action n°1

	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte		Langage		
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C	LG	LT	LC
Ep 1	2	9	4	2	1	1	7	4	3	
Lignes :	36-61	03-04-06-08-09-11-13-38- 45-47	03-04-15-40	28-30	40	62	49 -52-54-56-60-68-71	52 60 68 71	13- 38- 47	
Ep 2	1	7	1			2	3	3	2	1
Lignes :	94	76-78-80-84- 92	74			72 -96	72-82- 87	72 82 96	84- 92	72
Ep 3						1	2	3	2	
Lignes :						99	99 -103	99 10 3 11 3	104 108	
Ep 4	1	3	2				1	2	2	
Lignes :	114	116-118	120-126				122	12 4 12 6	116 118	
Ep 5		1	1							
Lignes :		128	130							
Ep 6		1	1						1	
Lignes :		138							138	
Synthèse						10	9			
						139 143 147 152 154 165 166 171 180 184	152 154 158 161 165 166 167 180 181			
Total	4	21	9	2	1	14	22	12	10	1

PE n°1 - Interventions / schème discursif / situation d'action n°1

S1	Stade 1	Stade 2				Stade 3	Stade 4			Stade 4
	Dis1	Dis2. Méd-Valid / doute	Dis2. incomp-spatiale	Dis2. 3-contr-info-géom	Dis2. Plani	Dis3-Q	Dis4-RA	Dis4-C	Dis4	Dis4-concl-PE
Ep 1		5	2			3	1		1	
Lignes :		03-19-21-32-34	08-11			34-36-42	36		24	
Ep 2										
Lignes :										
Ep 3		2	1	1			1	1		1
Lignes :		104-108	106	104			113	113		113
Ep 4										
Ep 5		1								
Lignes :		132								
Ep 6										
Ep 7										
Total 1 :		8	3	1	0	3	2	1	1	1
Total 2 :		12				3	4			1

2-Situation d'action n°2

2-1-Transcription du déroulement

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

Phases de validation et d'institutionnalisation des savoirs et savoir-faire

2-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°1 - Interventions / schème communicatif / situation d'action n°2

	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte		Langage		
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5- Cont- AE1	Com5- -Cont- AE2	Com6 -RA	Com6- C	LG	LT	LC
Ep 1	2	3	4	1		2	1	1	2	2
Lignes :	08-37	09-11-27	13-15-32-37	11		22-29		39	11 22	27 37
Ep 2	6	6	3	2	1		1	1	3	
Lignes :	41-43-47-48-59-94	48-50-61-66-69-76-94	87-91-93	50-66	55		96	47	50 66 90	
Ep 3	1	2		1					1	
Lignes :	122	104-108		106					108 132	
Ep 4	3	4	1			2	4	2		4
Lignes :	136-138-141	135-138-161-180	153			149-177	143-148-149-155-156-157-158-160	160 177		135 138 148 149
Ep 5	1	3	3				3	1		
Lignes :	209	187-201-211	192-194-218				194-204-221	209		
Ep 6	1	1				1	1	2	1	
Lignes :	223	227				239	238	238 239	238	
Synthèse						5	9	6		
Lignes :						260-261-263-265-266	249-250-252-254-256-260-261-265-266	254 256 260 261 265 266		
Total	14	19	11	4	1	10	19	13	7	6

PE n°1 - Interventions / schème discursif / situation d'action n°2

Séance ...	Stade 1	Stade 2				Stade 3	Stade 4		Stade 5
	Dis1	Dis2- Méd- Valid	Dis2- incomp- spatiale	Dis2- 3- contr-info- géom	Dis2- Plani	Dis3-Q	Dis4- RA	Dis4-C	Dis5- concl-PE
Ep 1		2		1		1	1	1	
Lignes :		18-35		25		20	22	39	
Ep 2			5						
Lignes :			66-68-71- 73-75						
Ep 3		2		2	1	4	1	1	1
Lignes :		113-115		108- 115	100	117- 121- 127-129	132	131	133
Ep 4		1+ 2 filtres		1		5	1	3	
Lignes :		165 F=167-172		163		135-139- 141-143- 168-170	149-177	146- 148- 149-177	
Ep 5						1			1
Lignes :						213			206
Ep 6		1		1		2	1	2	
Lignes :		230		229		232-234	238	236-238	
Synthèse						4	1	1	
Lignes :						244-245-247- 250	260	260	
Total 1 :		9	5	5	1	17	5	8	2
Total 2 :		20				17	12		2

3-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

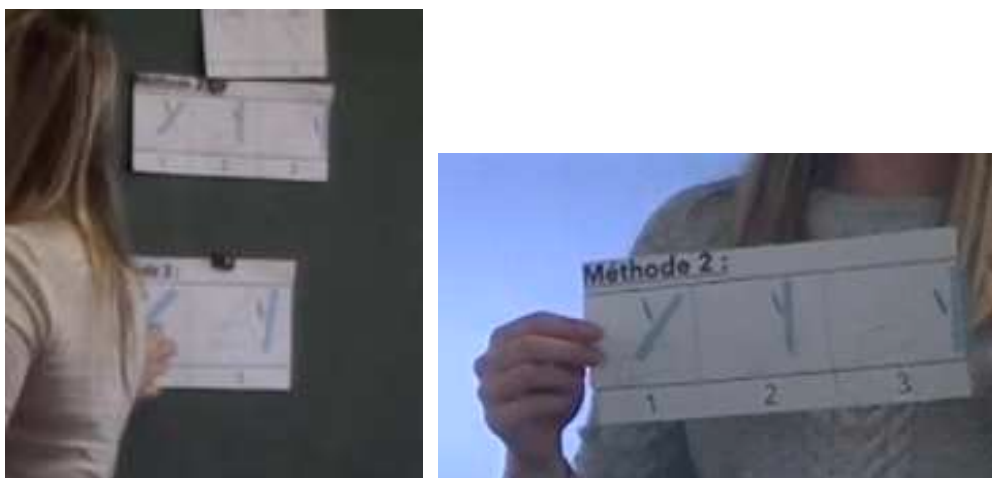
PE n°1 - Interventions / schème communicatif / situation d'action n°3

	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte		Langage		
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C	LG	LT	LC
Ep 1	2	3	1	1	2			5		2
Lignes :	03-27	08-11-19	17	13				03 13 17 26 27		03 11
Ep 2	1	3	2	1		1	3	1	2	1
Lignes :	47	30-43-68	35-45	32		39	37-39-47	52	32 43	30
Ep 3	1	3		1		3	1		4	1
Lignes :	54	56-58-70		60		70-71-73	73		58 70 71 73	56
Ep 4	2	2	1			1		3	1	1
Lignes :	74-95	76-78	80			91		91 93 95	78	76
Ep 5	2	6	6	2		2	4	5	4	1
Lignes :	97-161	99-135-150-152-154-156	101-103-107-109-110-158	114-131		149-160	109-110-149-160	97 128 145 147 149 161	99 135 156 160	129
Ep 6	1	2				1	1	2		
Lignes :	163	171		167		171	171	167 171		
synthèse						2	6			
Lignes :						178-187	178-180-182-184-186			
Total	9	19	10	5		10	15	16	5	6

PE n°1 - Interventions / schème discursif / situation d'action n°3

Séance ...	Stade 1	Stade 2				Stade 3	Stade 4		Stade 4
	Dis1	Dis2-Méd- Valid	Dis2- incomp- spatiale	Dis2-3- contr-info- géom	Dis2- Plani	Dis3-Q	Dis4- RA	Dis4- C	Dis4-concl- PE
Ep 1		4	1	1	2	2	2	2	
Lignes :		10-11-15-22	19	15	05-07	24-37	26-39	26-27	
Ep 2		1				2	1	1	
Lignes :		49				33-50	52	52	
Ep 3			2						
Lignes :			60-66						
Ep 4		4	1			4	2	3	
Lignes :		80-84-89-95	84			82-86-93-95	91-93	93x2-95	
Ep 5		4+ 3 Filtres				8	3	3	1
Lignes :		117-121-131-135 F=119-121-136				105-107-122-137-139-141-143-145	128-143-147	128-147-149	171 (appui sur méthode)
Synthèse						2	1	1	
Lignes :						172-175	178	178	
Total 1 :		16	4	1	2	18	9	10	1
Total 2 :		23				18	19		1

4-Quelques photos des référents réalisés par l'enseignante.



Ces photos ont été extraites des enregistrements vidéo.

Les référents ont été réalisés à partir des exemples de traces écrites proposées.

Annexe 12 : Situations de formulation - Données

Enseignante

Nous présentons dans cette annexe,

~~1-La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation et de la phase d'institutionnalisation locale de savoirs et savoir faire~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

→ pour chacune des situations de formulation n°1 et n°2.

3-Les tableaux globaux de l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante sur l'ensemble des situations d'action et de formulation

1-2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°1 - Interventions / schème communicatif / situation de formulation n°1

S4	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte		Langage		
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C	LG	LT	LC
Ep 1	2	3	2				3	3	3	1
Lignes :	08-21	07x2-17	12-14				03-14-21	05 14 21	07 x2 17	03
Ep 2	3	4	1			1	6	4	3	1
Lignes :	23-75-77	27-37-64-66	27			57	52-57-59-61-62-66-75-77	52 61 62 77	27 37 66	25
Ep 3	1	1		1		2	2	2	1	
Lignes :	78	80		82		92-95	89-91	89 92	92	
Synthèse						1	2	2		
Lignes :						103	99-103	99 103		
Total	6	8	3	1		4	13	11	7	2

PE n°1 - Interventions / schème discursif / situation de formulation n°1

S4	Stade 1	Stade 2				Stade 3	Stade 4		Stade 4
	Dis1	Dis2. Méd- Valid	Dis2. incomp- spatiale	Dis2.3. contr-info- géom	Dis2. Plani	Dis3-Q	Dis4- RA	Dis4- C	Dis4-concl- PE
Ep 1									
Ep 2		2		1		4		2	1
Lignes :		32- 41		37		30-43-45- 50		52-66	34
Ep 3		1				2	2		2
Lignes :		83				85-87	92-95		92-95
Synthèse						1	2	2	
Lignes :						96	99-103	99-103	
Total 1 :		3		1		7	5	4	2
Total 2 :		4				7	9		2

2-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°1 - Interventions / schème communicatif / situation de formulation n°2

PE n°1 Situation de formulation n°2 - **Interventions / schèmes communicatifs**

S5	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte		Langage			
				Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C	LG
Ep 1		1				1	2	2			1
Lignes :		04				12	12-15	12 15			06
Ep 2							1	1			
Lignes :							24	24			
Ep 3	1	1	1	1			2	1			1
Lignes :	27	29-33					37-39	39			33
Ep 4		2	1							1	1
Lignes :		44-48	48							48	44
Ep 5	1	2					1			1	
Lignes :	50	52-54					59			54	
Synthèse							1	1			
Lignes :						60	60				
Total	2	5	2	1	0	2	7	4	2	3	

PE n°1 - Interventions / schème discursif / situation de formulation n°2

Séance	Stade 1	Stade 2				Stade 3	Stade 4		Stade 4
...	Dis1	Dis2. Méd-Valid	Dis2. incomp-spatiale	Dis2.3. contr-info-géom	Dis2. Plani	Dis3-Q	Dis4-RA	Dis4-C	Dis4-concl-PE
Ep 1		1				3	1	1	
Lignes :		13				06-08-10	12	12	
Ep 2		1				1	1	1	
Lignes :		20				22	24	24	
Ep 3		2							
Lignes :		31-33							
Ep 4						1			
Lignes :						46			
Total 1 :		4				5	2	2	
Total 2 :			4			5	4		

3-Tableaux globaux de l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante sur l'ensemble des situations d'action et de formulation

PE n°1 - Interventions / schème communicatif

PE n°1	Composante 1 : but	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : contrôle		Composante 3 : concepts-en-acte et théorèmes-en-acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
Séance 1	4	21	9	2	1	14	22
Séance 2	14	19	11	4	1	10	19
Séance 3	9	19	10	5	0	10	15
Séance 4	6	8	3	1	0	4	13
Séance 5	2	5	2	1	0	2	7
	35	72	35	13	2	40	76

Interventions de la première enseignante sur les schèmes de communication des actions.
Tableau récapitulatif des interventions menées sur les 5 séances.

PE n°1	Langage		
	LG	LT	LC
Séance 1	12	10	1
Séance 2	13	7	6
Séance 3	16	11	6
Séance 4	11	7	2
Séance 5	4	2	3
	56	37	18

LC et LT essentiellement lors des reformulations des actions proposées par les élèves
LG et LTG essentiellement lors des institutionnalisations locales

PE n°1 - Interventions / schème discursif

Séances	Stade 1	Stade 2				Stade 3	Stade 4		
	Dis1	Dis2-Méd-Valid	Dis2-incomp-spatiale	Dis2-3-contr-info-géom	Dis2.Plani	Dis3-Q	Dis4-RA	Dis4-C	Dis4
Situation d'action 1		8	3	1	0	3	2	1	2
		12				3	5		
Situation d'action 2		9	5	5	1	17	5	8	2
		20				17	12		2
Situation d'action 3		16	4	1	2	18	9	10	1
		23				18	19		1
Situation de form 1		3	0	1	0	7	5	4	2
		4				7	9		2
Situation de form 2		4	0	0	0	5	2	2	0
		4				5	4		

Interventions de la première enseignante sur les schèmes discursifs.

Tableau récapitulatif des interventions menées sur les 5 séances.

Annexe 13 : Situation de validation - Données

Enseignante

Nous présentons dans cette annexe :

~~1-La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation et de la phase d'institutionnalisation des énoncés des règles d'action~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-Le tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

Nous présentons ensuite :

3-La trace écrite réalisée à la suite de l'institutionnalisation des règles d'action

1-2-Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°1 Situation validation	Stade 1 : contrôle contenu de la proposition Proposition au stade de la valeur épistémique					Stade 2	Stade 3 Rech des faits	Stade 3 Vérif des faits	Stade 4 Vérification - Loi de passage vers la valeur de vérité de la proposition		Stade 4 Conclusion
	Dis1					Dis2	Dis3		Dis4		Dis4
	Com3- cont-info- écrites	Com3- cont-AE1- écrit	Com4. cont-AE2- but-écrit	Dis1- compare-écrits	Incompré- hension- écrits	Dis2- méd-valid Êtes-vous d'accord ?	Dis3Q Pourquoi vous êtes d'accord ?	Dis3-Q Est-ce que c'est vrai ? Vérifier que c'est vrai, que ça marche- Tester	Com3-Cont- info RA figure modèle /figure à restaurer	Com4-Cont- but-C-figure modele/figure à restaurer	Conclusion-PE
Ep 1	2	3	1	3	0	1	1				
Lignes :	10-30	22- 25-26	25	15-18- 22		28	20				
Ep 2	2	1	1	4	0	1	1				
Lignes :	63-67	54-67	54-67	44-54- 57-61		57 67	59				
Ep 3	3	6	0	0	2	4	0				
Lignes :	83 98 114	76-88 100- 103- 114- 118- 120			97 130	77 86 112 118					122 127 130
Total 1 :	7	11	2	6	2	6	2	0	0	0	3

1-3-Trace écrite réalisée à la suite de l'institutionnalisation des énoncés des règles d'action

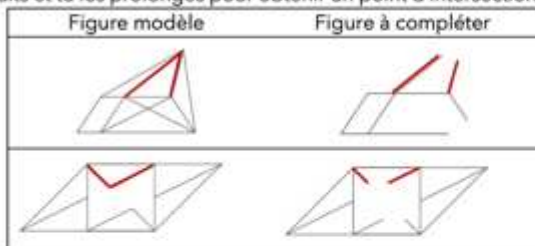
La trace écrite est constituée des énoncés des règles d'action formulées et validées par les élèves.

Entre la situation de validation et la situation de décision, l'enseignante a fait tracer les segments de couleur rouge par les élèves.

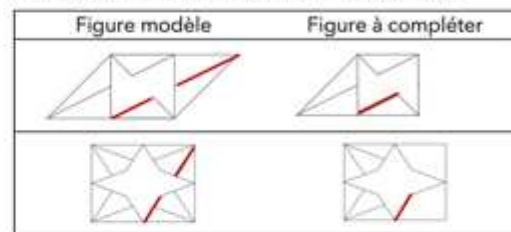
Code d'utilisation géométrique de la règle

• Pour tracer le SOMMET d'une figure :

Code n°1 : si tu as deux traits, alors tu poses ta règle sur les traits et tu les prolonges pour obtenir un point d'intersection.

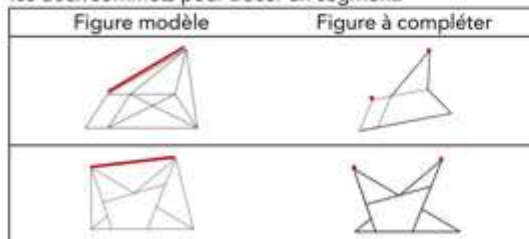


Code n°3 : si tu as des segments alignés, alors tu poses ta règle sur le segment aligné puis tu traces un trait.

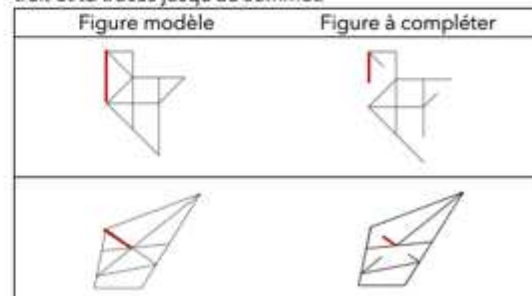


• Pour tracer le CÔTÉ d'une figure :

Code n°2 : si tu as 2 sommets, alors tu poses ta règle sur les deux sommets pour tracer un segment.



Code n°4 : si tu as un trait, alors tu poses ta règle sur le trait et tu traces jusqu'au sommet.



Annexe 14 : Situation de décision - Données Enseignante

Nous présentons dans cette annexe :

~~1-La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation par les élèves des décisions proposées ;~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-Le tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante.

1-2-Tableau d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°1 Situation décision	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4								
	proposition position+arg binôme /action réalisée	Position classe	Passage vers l'argument ation	Communication/Vérification Concepts / Règles d'actions								
	Dis1	Dis2	Dis3	Dis4								
	Dis1-com- valid Êtes-vous d'accord ? / propositio n	Dis2-méd- valid Classe	Dis3Q Pourquoi ?	Com 1-but	Com2 -ant	Com6- AE1-RA	Com6 -C	Com6 RA-Appui code	Com6 -C-Appui code	Com3 -Cont- info RA	Com3 -cont- but-C	Dis4 -concl- PE
Ep 1	1	2	1	2		1	2	4	2			1
Lignes :	03	05-17	07	09-12		13	15-17	19-21- 22-28	28-29			28+c ode
Ep 2	1	1	1	1				1		1	1	1
Lignes :	35	37	37	33				39		40	40	40+c
Ep 3	1	2	1	1	3		1	2	2	1	2	3
Lignes :	48-	50-59	62	57	67-68 -71		57	74-75	74-75	74	58-64	67- 74- 75 +cod e
Ep 4	1	5	3					1		3		1
Lignes :	78	81-83-87-91- 92	80-85- 94					85		89-96- 100		100
Ep 5	1	1	4				1		1			1
Lignes :	101	108	106-128- 130-142				119		115			115
Ep 6	1	1	4	1		1	2			2		2
Lignes :	128-130-148	142	128-130- 132-142	126		147	145- 147			135- 138		150 154 +cod e
Total 1 :	6	12	14	5	3	2	6	8	5	7	3	9
Total 2 :	6	12	14	16				23				9

Les transcriptions complètes avec les photos des élèves ou de l'enseignante ne sont pas libres de droit et ne peuvent être diffusées. Elles ont été retirées des annexes.

Ces éléments sont signalés de manière « barrée » dans la table des annexes.

Table de l'Annexe C

ANNEXE C : CLASSE N° 2 603

ANNEXE 15 : SITUATIONS D'ACTION - DONNEES ÉLÈVES 603

1-BINÔME B1 : LILOU	604
1-1-Lilou : Productions réalisées	604
1-2-Lilou-Analyse de l'organisation des actions	605
2-BINOME B1 : MAËNA	609
2-1-Maëna : Productions réalisées.....	609
2-2-Maëna - Analyse de l'organisation des actions	610
3-BINOME B2 : AMBRE	612
3-1-Ambre : Productions réalisées	612
3-2-Ambre - Analyse de l'organisation des actions	613
4-BINOME B2 : FLAVIE	616
4-1-Flavie : Productions réalisées	616
4-2-Flavie - Analyse de l'organisation des actions.....	617
5-BINOME B3 : NATHAN ET YLANN	621
5-1-Nathan : Productions réalisées.....	621
5-2-Nathan - Analyse de l'organisation des actions	622
6-BINOME B3 : YLANN	626
6-1-Ylann - Productions réalisées	626
6-2-Ylann - Analyse de l'organisation des actions	627
7-TABLEAU GLOBAL DE L'ÉVOLUTION DES SCHEMES D'ACTION DES ÉLÈVES	631

ANNEXE 16 : SITUATIONS DE FORMULATION - DONNEES ÉLÈVES 632

1-BINOME B1 : LILOU ET MAËNA	633
1-1-Productions réalisées.....	633
2-BINOME B2 : AMBRE ET FLAVIE	634
2-1-Productions réalisées.....	634
3-BINOME B3 : NATHAN ET YLANN	635
3-1-Productions réalisées.....	635

ANNEXE 17 : SITUATION DE VALIDATION - DONNEES ÉLÈVES 636

1-BINOME : LILOU ET MAËNA	637
1-1-Énoncés des règles d'action produits	637
2-BINOME : AMBRE ET FLAVIE	637
2-1- Énoncés des règles d'action produits	637
3-BINOME : NATHAN ET YLANN	638
3-1-Productions : énoncés des règles d'action écrits	638

ANNEXE 18 : SITUATION DE DECISION - DONNEES ÉLÈVES	639
1-BINOME B1 : LILOU ET MAËNA	640
1-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision	640
1-2- Transcriptions des échanges entre les deux élèves	641
2-BINOME B2 : AMBRE ET FLAVIE	650
2-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision	650
2-2- Transcriptions des échanges entre les deux élèves	651
3-BINOME B3 : NATHAN ET YLANN	658
3-1- Arguments produits, pour chacune des deux situations de décision :.....	658
3-2- Transcriptions des échanges entre les deux élèves	659
ANNEXE 19 : SITUATIONS D'ACTION - DONNEES ENSEIGNANTE	665
1-SITUATION D'ACTION N°2	666
1-1- Transcription du déroulement.....	666
1-2- Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	680
2-SITUATION D'ACTION N°3	681
2-1- Transcription du déroulement.....	681
2-2- Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	696
4-PHOTOS DES REFERENTS REALISES PAR L'ENSEIGNANTE	697
ANNEXE 20 : SITUATIONS DE FORMULATION - DONNEES ENSEIGNANTE	698
1-SITUATION DE FORMULATION N°1	699
1-1- Transcription du déroulement.....	699
1-2- Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante.....	709
2-SITUATION DE FORMULATION N°2	710
2-1- Transcription du déroulement.....	710
2-2- Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante	723
3- Tableaux globaux de l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante sur l'ensemble des situations d'action et de formulation.....	724
ANNEXE 21 : SITUATION DE VALIDATION - DONNEES ENSEIGNANTE	725
1-SITUATION DE VALIDATION	726
1-1- Transcription du déroulement.....	726
1-2- Enoncé écrit lors de la dévolution de la consigne de la situation de validation.....	739
1-3- Trace écrite réalisée à la suite de l'institutionnalisation des énoncés des règles d'action	740
ANNEXE 22 : SITUATION DE DECISION - DONNEES ENSEIGNANTE.....	741
1-SITUATION DE DECISION	742
1-1- Transcription du déroulement.....	742

Annexe C : Classe n° 2

Annexe 15 : Situations d'action - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chacun des six élèves suivis :

- 1- Les productions réalisées lors de la mise en œuvre des situations d'action.
- 2- Un tableau avec le descriptif de l'organisation des actions de l'élève et leur analyse, sur chacune des situations d'action. Ce descriptif a été réalisé en appui sur l'enregistrement vidéo de l'activité des élèves.

Ces éléments sont présentés par ordre des binômes.

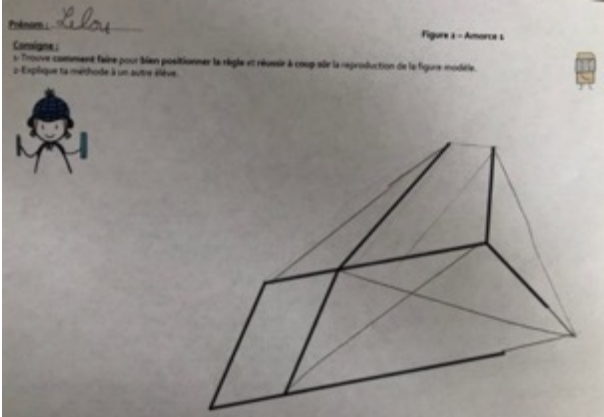
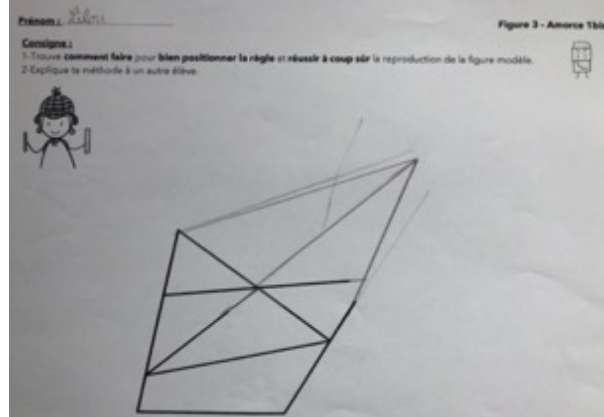
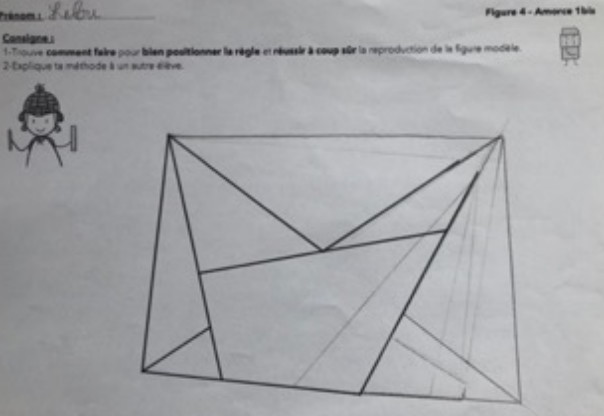
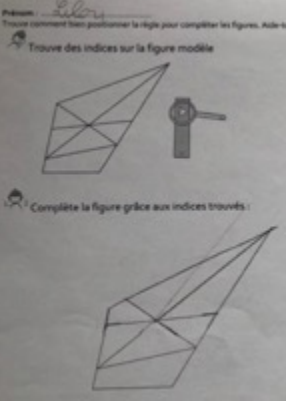

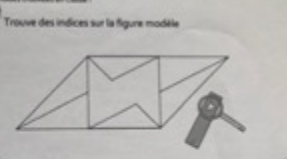

B1 : Lilou - Maëna ;

B2 : Ambre - Flavie ;

B3 : Nathan - Ylann

1-Binôme B1: Lilou

1-1-Lilou : Productions réalisées

<p>B1-Lilou</p> <p>Prénom: <i>Lilou</i> Figure 2 - Amorce 1</p> <p>Consignes:</p> <ol style="list-style-type: none">1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle.2- Explique la méthode à un autre élève. 	<p>Prénom: <i>Lilou</i> Figure 3 - Amorce 1bis</p> <p>Consignes:</p> <ol style="list-style-type: none">1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle.2- Explique la méthode à un autre élève. 
<p>Situation d'action 1</p>	<p>Situation d'action 2</p>
<p>Prénom: <i>Lilou</i> Figure 4 - Amorce 1bis</p> <p>Consignes:</p> <ol style="list-style-type: none">1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle.2- Explique la méthode à un autre élève. 	<p>Prénom: <i>Lilou</i></p> <p>Trouve comment bien positionner la règle pour compléter les figures. Aide toi des méthodes trouvées en classe !</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>  <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés</p>  <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>  <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés</p> 
<p>Situation d'action 3</p>	<p>Situation d'action 4</p>

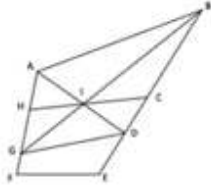
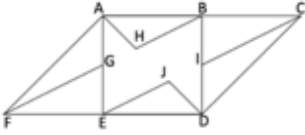
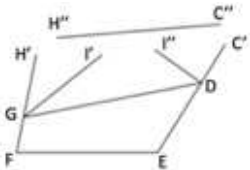
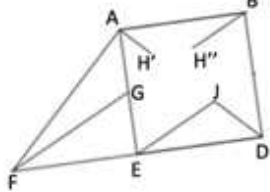
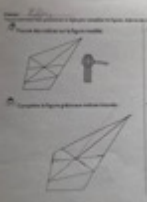
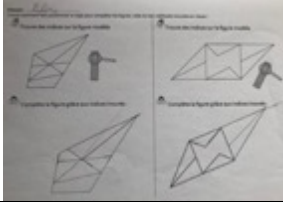
1-2-Lilou-Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4 :

	LILOU	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [ED'] et [GD'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de D <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie F et D → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de [FD] <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie E et G → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de [EG] Analyse visuelle du modèle <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie C'' et D → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de [C'D] <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie B et C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de [BC'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie C' et C'' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de [C'C''] <p>Plusieurs analyses visuelles du modèle - parcourt son crayon à plusieurs reprises sur le segment [CF]</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Trace au jugé un segment à partir du 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [GI], obtient B' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie A avec et B' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie B' avec et C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [HC''] → R3 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse visuelle et instrumentée de la figure modèle. <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [ED], obtient C' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : relie B'' et C' • Analyse visuelle et instrumentée de la figure modèle : positionne sa règle sur le segment [BC] sur la figure modèle ; parcourt le segment [B''C'] avec son doigt sur la figure à compléter • Analyse visuelle et instrumentée de la figure modèle : parcourt du doigt le segment [JB] sur la figure modèle, puis le segment [JB''] sur l'amorce. <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [ED], obtient C'' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie B'' et C'' <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : [K'C'] / tracé au jugé à partir de C'' → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie A et B'

		point C'' (semble vouloir représenter le sommet C de la figure (une pointe) Puis gomme le segment tracé.		<input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : prolonge [DB''] <ul style="list-style-type: none"> Analyse visuelle et instrumentée de la figure modèle : parcourt [DB] du doigt <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : prolonge [IB'] → R3 <ul style="list-style-type: none"> Gomme BC <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 et 10 : prolonge à nouveau [IB'], puis [JB''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtient B <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : Relie A et B <input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : prolonge à nouveau [ED], obtient C''' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 11 : [KC'''] : trace au jugé à partir de C''' → R0
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3: Segment	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
6	Composante 3 Concepts mobilisés Point-sommet Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémes d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Définir des points-sommets <u>puis</u> des segments	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique

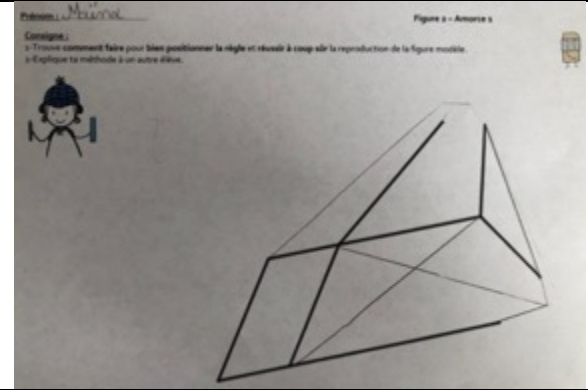
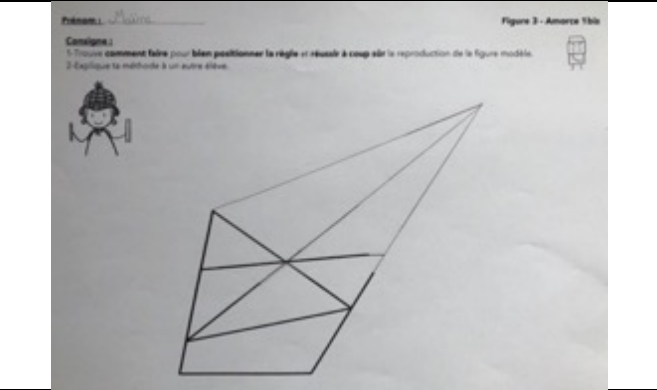
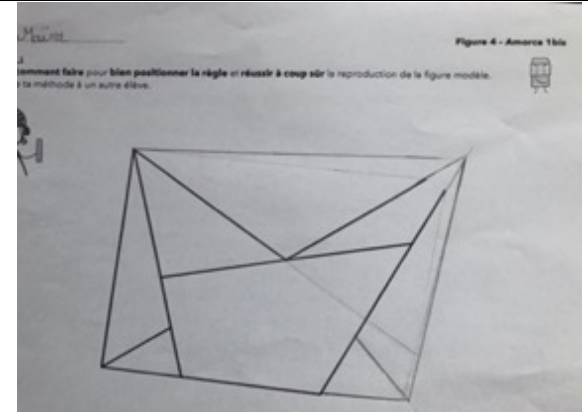
• Problèmes 7 et 8

	LILOU	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [G'] et [GI''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : trace au jugé à partir de I, obtient B' Gomme [IB'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EC'] <input checked="" type="checkbox"/> Actions 5 : prolonge [FH'], obtient H''' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge H'' et C'', obtient H et C → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie I et B' → R1 Analyse le modèle, pose sa règle sur [FA], puis sur [DI] <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : prolonge [FH], obtient H'''' <input type="checkbox"/> Action 9 : cherche à relier I et H'''' , hésite, change de décision Analyse le modèle, pose sa règle sur [HC] <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : relie H'''' et B' <p>Positionne sa règle sur [DI], cherche, (tête dans les mains, hésite, semble chercher le point A, hésite</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [AB], obtient C' → R3 <input type="checkbox"/> Cherche à positionner sa règle sur [HB] à deux reprises, cherche Analyse le modèle, positionne sa règle sur [EJ] : dit « ah il est aligné » <input type="checkbox"/> Positionne sa règle sur [EJ] sur la figure à compléter, hésite, repositionne sa règle sur [EJ] sur le modèle <input type="checkbox"/> Gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EJ] → R4 <input checked="" type="checkbox"/> Action : prolonge [AB] → R3, obtient C <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie C et D → R2 <p>La vidéo montre l'identification de l'alignement, mais un pb d'identification visuelle du segment empêche Lilou de reproduire l'alignement de segment identifié.</p>

		<input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : prolonge [DI], obtient A'	
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 3 Concepts mobilisés Point-sommet Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets A et B <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Définir des points-sommets puis des segments	Définir des points-sommets puis des segments
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Problématique de modélisation spatio-géométrique

2-Binôme B1 : Maëna

2-1-Maëna : Productions réalisées

B1-MAENA	
 <p>Figure 2 - Amorce 2</p>	 <p>Figure 3 - Amorce 3bis</p>
Situation d'action 1	Situation d'action 2
 <p>Figure 4 - Amorce 4bis</p>	Absente
Situation d'action 3	Situation d'action 4

2-2-Maëna - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4 :

	MAENA	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : relie les points E et G → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de [EG] <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : trace au jugé à partir de D'', obtient D''' → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie D''' et D' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie F et D''' → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : trace au jugé à partir de B, obtient [BC'''] → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie C'' et D, obtient [C''D'] → R1 Analyse visuelle et instrumentée du modèle. <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : prolonge [BC'''] <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : trace au jugé à partir de C'', obtient [C''C'''] 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse de la figure modèle (parcourt le segment GB avec son crayon) <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [GI'] - Obtention de I et B' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : positionne sa règle sur le A et B' → R1 • Analyse du modèle - puis tracé <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [EC'] jusqu'à [AB'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B (par chance...) <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [IC''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse instrumentée de la figure modèle (positionne sa règle sur le segment [EC]) <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 - [DC'] : prolonge [ED], obtient C' → R3 • Analyse instrumentée de la figure modèle : positionne sa règle sur le segment [KC] <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 - [K'C'] : tracé au jugé à partir de C' → R0 • Contrôle, gomme, réajuste le tracé de la direction du segment <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 - [B''C'] : relie B'' et C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : [AB'] : relie A et B' <input checked="" type="checkbox"/> Actions 5 et 6 : prolonge [IB'] et JB'' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B • Contrôle visuel sur le modèle + gomme [B'C'] et [K'C']

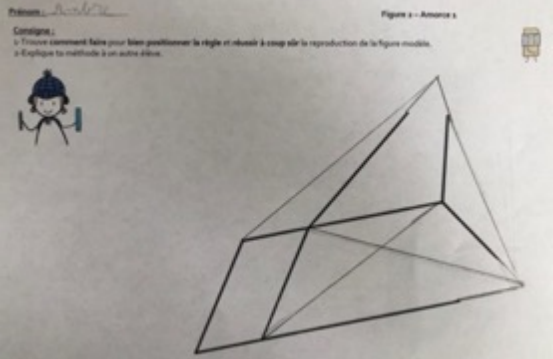
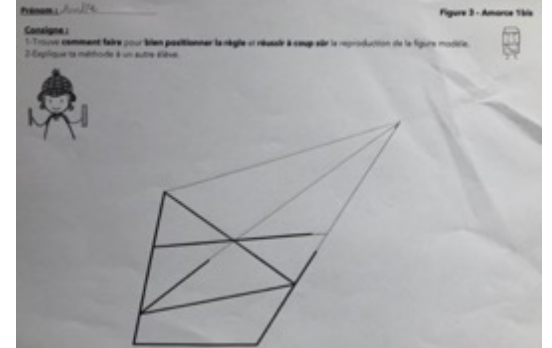
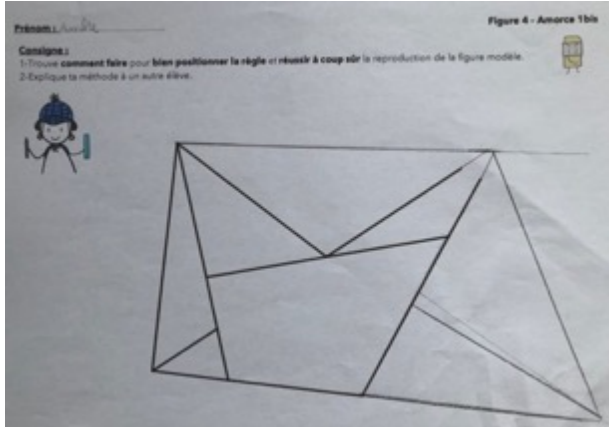
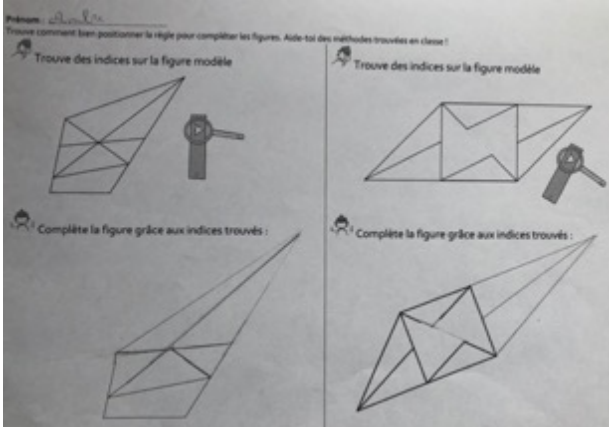
		<input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : relie sans la règle les points C''' et C''''		<input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : [BC'] : relie B et C' <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 - [K'C'] : tracé au jugé à partir de C' → R0 • Contrôle du segment [AB] (positionne sa règle sur A et B, gomme [AB']) <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 - [AB] : relie A et B <input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : [K'C'] / renouvelle le tracé au jugé à partir de C' → R0
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
6	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C et D	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B, C, K <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique

• Problèmes 7 et 8 :

Absente

3-Binôme B2 : Ambre

3-1-Ambre : Productions réalisées

B2-AMBRE	
	
Situation d'action 1	Situation d'action 2
	
Situation d'action 3	Situation d'action 4

3-2-Ambre - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4 :

	AMBRE	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [ED'], obtient D''' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : relie D''' et D' <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie F et D''' → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie E et G → R2 Gomme, gomme aussi le point D''' Gomme à nouveau Renouvelle les actions 1 et 2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : trace au jugé à partir de D''' Gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie C'' et D'' Gomme [GD'''] <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : prolonge [GD'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie F et D → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : relie E et G → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : trace au jugé en appui sur B, obtient [BC'''] <input checked="" type="checkbox"/> Action 11 : relie C''' et C'' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 12 : prolonge [FC'] → R3 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : trace [AB'] au jugé à partir de A → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [EC'], obtention de B' Gomme ce qui dépasse du contour, regarde ce que fait sa voisine, puis gomme les deux segments tracés et recommence <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : trace [AB'] au jugé à partir de A → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EC'], obtention de B' → R3 Gomme « ce qui dépasse » du contour <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [GI], → R3, intersection de la droite (GI) avec (AB') et (EB') Gomme, recommence <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [GI] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B comme intersection de (GI) et (EC') → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Actions 7 : prolonge [HC'''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : prolonge [IC'''] et [IH'''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H et C 	<p>Analyse de la figure modèle : positionne sa règle sur [AB] sur le modèle et glisse sa règle sur la figure à compléter</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : trace [AB'] au jugé à partir de A → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [IB'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [JB'''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B ; (IB') et (JB''') coupent (AB''') mais pas en B <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [ED], obtient extrémité segment C' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : Relie B et C', obtient [BC'] → R1 • Analyse de la figure <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : [K'C'] / tracé au jugé à partir de C' → R0
6	Composante 3 Informations sélectionnées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune) 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
5	Composante 2 : Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 :	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4

	Règles d'actions			
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Obtenir segments à partir de points déjà-là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà-là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà-là
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation analogique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique

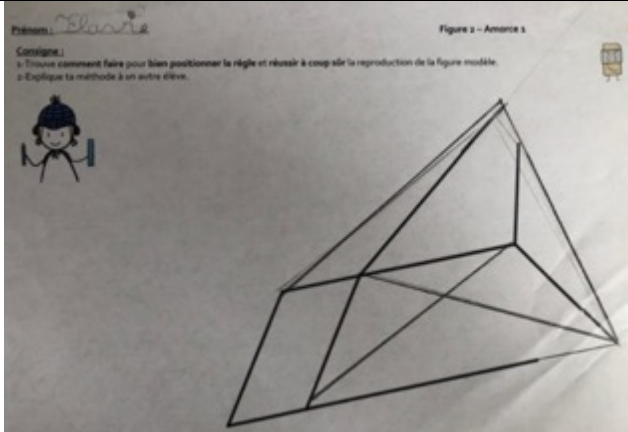
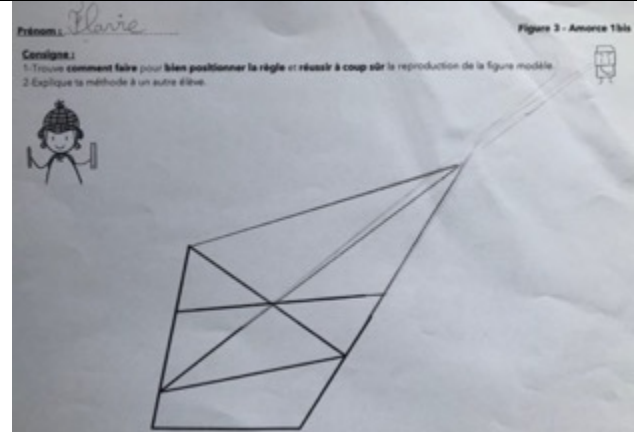
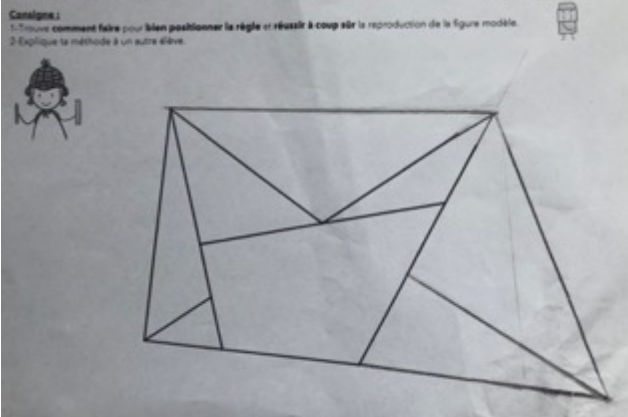
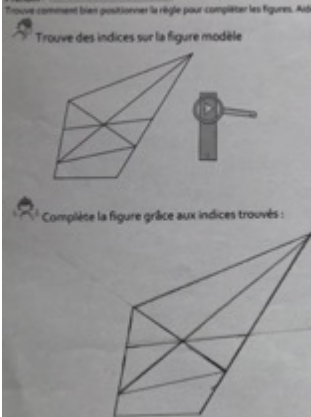

• Problèmes 7 et 8 :

	AMBRE	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse instrumentée de la figure modèle : positionne la règle sur [IB], puis [CB] <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [GI'] et [DI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [EC'], obtient B' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [H''C''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H et C • Gomme ce qui dépasse <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie le point H avec le point B' → R1 Problème d'analyse visuelle • Analyse de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie le point B' avec le point I → R1 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse visuelle puis instrumentée de la figure modèle <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H <input type="checkbox"/> Positionne la règle au jugé pour tracer le segment [IC], puis sur [HB], puis change de décision <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [AB], obtient C' → R3 • Analyse visuelle <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie D et C' <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : trace [IC] au jugé à partir de C'

		<ul style="list-style-type: none"> Gomme, cherche à réajuster à de nombreuses reprises. Se rend compte que les segments [GI] et [IB] doivent être alignés <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : prolonge [GI] → R3	
6	Composante 3 Informations sélectionnées	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
5	Composante 2 : Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà-là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà-là
10	Traitement du problème	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique

4-Binôme B2 : Flavie

4-1-Flavie : Productions réalisées

<p>B2-FLAVIE</p> <p>Prénom: <i>Flavie</i> Figure 2 - Amorce 1</p> <p>Consignes: 1. Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2. Explique la méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: <i>Flavie</i> Figure 3 - Amorce 1bis</p> <p>Consignes: 1. Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2. Explique la méthode à un autre élève.</p> 
<p>Situation d'action 1</p>	<p>Situation d'action 2</p>
<p>Prénom: <i>Flavie</i> Figure 4 - Amorce 1bis</p> <p>Consignes: 1. Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2. Explique la méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: <i>Flavie</i></p> <p>Trouve comment bien positionner la règle pour compléter les figures. Aide-toi des méthodes trouvées en classe !</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>  <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés :</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>  <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés :</p>
<p>Situation d'action 3</p>	<p>Situation d'action 4</p>

4-2-Flavie - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4

	FLAVIE	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [ED'] et [GD'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de D <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie E et G → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie F et D → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie D à C'' (gomme, recommence) → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [FC'], obtient C''' <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : prolonge [DC''], 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [GI'], obtient B' → R3 • S'y prend à trois reprises pour tracer loin <input type="checkbox"/> Action 2 : veut tracer [AB] en reliant A et B' - change de décision <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [EC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie A et B → R2 Gomme ce qui dépasse du contour <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [H''C''] <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H et C 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [ED], obtient C' → R3 • Analyse instrumentée : positionne sa règle sur le segment [ED] de la figure modèle • Analyse de la figure modèle <input type="checkbox"/> Action 2 : positionne sa règle sur B'' et C' - change de décision (→ R1) <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [IB], [JB] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie B et C' → R1 • Observe le modèle, semble contrôler la direction du segment [BC], gomme <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : prolonge [ED] à nouveau obtient C'' → R3

				<input type="checkbox"/> Action 7 : positionne sa règle sur B et C'' - change de décision • Observe le modèle, semble contrôler la direction du segment [BC], change de décision <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : prolonge [ED] à nouveau obtient C''' → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : relie les points B et C''' → R1 <input type="checkbox"/> Action 10 : positionne sa règle sur [AI], change de décision → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 11 : positionne sa règle sur les points I et C''', trace au jugé à partir de C → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 12 : relie A et B, → R2
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3: Segment	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
6	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémes d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Définir des points-sommets <u>puis</u> des segments	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là

10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique
-----------	-------------------------------	--	---	---


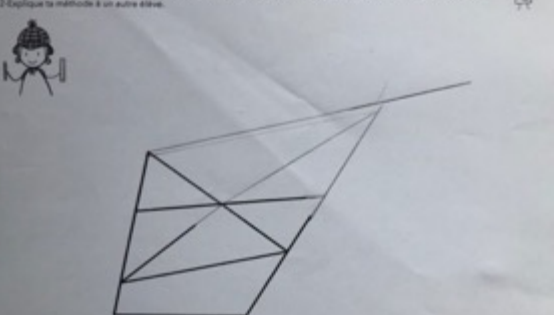
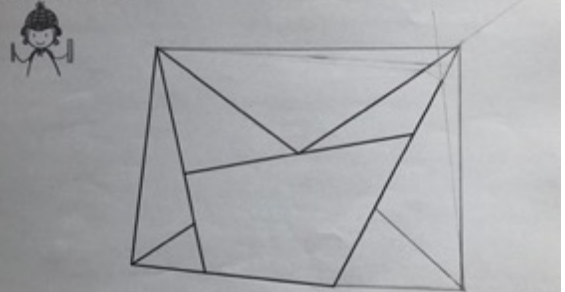




• Problèmes 7 et 8

	FLAVIE	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Actions 1 et 2 : prolonge [GI'] et [GI''] → R3 ☑ Obtention de I ☑ Actions 3 et 4 : prolonge [FH'] et [DI''] → R3 ☑ Obtention de A • Gomme « ce qui dépasse » ☑ Action 5 : prolonge [H''C''] → R3 ☑ Obtention de H et C • Gomme « ce qui dépasse » ☑ Actions 6 et 7 : prolonge [GI'] et prolonge [EC'] → R3 ☑ Obtention de B ☑ Action 8 : relie A et B → R2 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 ☑ Obtention de H ☑ Action 3 : prolonge [EJ] → R3 ☑ Action 4 : prolonge [AB] et obtention de F ☑ Obtention de C ☑ Action 5 : relie C et D → R2
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment ☑ I2 : Point-sommet ☑ I3 : Segment ☑ I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune) 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment ☑ I2 : Point-sommet ☑ I3 : Segment ☑ I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 3 Concept de point	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Points-sommets A et B ☑ Relation alignement segments 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Point-sommet C ☑ Relation alignement segments

	Relation d'alignement		
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Définir des points-sommets <u>puis</u> des segments	Définir des points-sommets <u>puis</u> des segments
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Problématique de modélisation spatio-géométrique

5-Binôme B3 : Nathan et Ylann

5-1-Nathan : Productions réalisées

<p>B3-NATHAN</p> <p>Prénom: Nathan</p> <p>Figure 2 - Amorce 1</p> <p>Consigne : 1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2- Explique ta méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: Nathan</p> <p>Figure 2 - Amorce 1bis</p> <p>Consigne : 1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2- Explique ta méthode à un autre élève.</p> 
<p>Situation d'action 1</p>	<p>Situation d'action 2</p>
<p>Prénom: Nathan</p> <p>Figure 4 - Amorce 1bis</p> <p>Consigne : 1- Trouve comment faire pour bien positionner la règle et réussir à coup sûr la reproduction de la figure modèle. 2- Explique ta méthode à un autre élève.</p> 	<p>Prénom: Nathan</p> <p>Trouve comment bien positionner la règle pour compiler les figures. Aide toi des méthodes trouvées en classe!</p> <p>Trouve des indices sur la figure modèle</p>   <p>Complète la figure grâce aux indices trouvés !</p>  
<p>Situation d'action 3</p>	<p>Situation d'action 4</p>

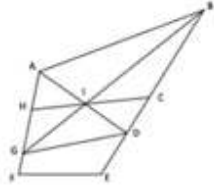
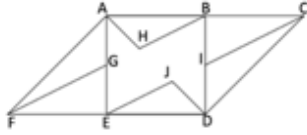
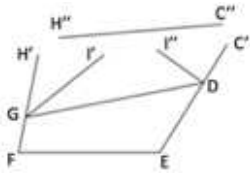
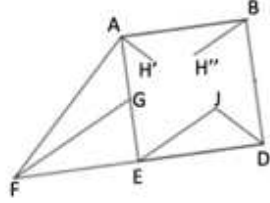
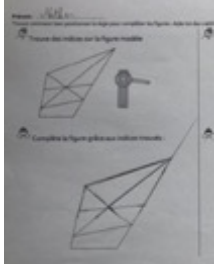
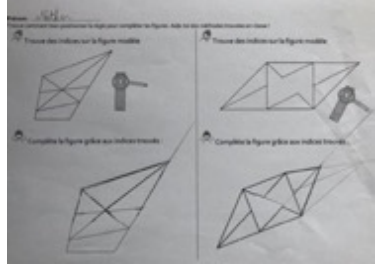
5-2-Nathan - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4

	NATHAN	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [FC'], obtient [FC'''] <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : relie C'' et C''' <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie B et C''' <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : trace au jugé à partir de D'', obtient D''' <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : Prolonge [GD'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie C''' et D''' <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie E et G <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie F et D''' 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse du modèle (regard visuel) <input checked="" type="checkbox"/> Action 1-prolonge [EC'], obtient [EB'] → R3 • Analyse du modèle (regard visuel) <input checked="" type="checkbox"/> Action 2-relie A et B', obtient [AB'] → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de I et [GI] <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [IC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C et [IC] <input checked="" type="checkbox"/> Action 5-relie I et B' → R1 <p>La demi-droite [AB) a été tracée après... pas dans l'extrait vidéo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse du modèle (regard visuel) <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : Tracé au jugé à partir de B'', obtient [B''C'] → R0 • Analyse du modèle (regard visuel) <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : relie D et C', obtient [DC'] → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : trace au jugé à partir de C', obtient K' et [K'C'] → R0 • Analyse du modèle (regard visuel) <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : relie A et B', obtient [AB'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie B' et B'', obtient [B'B''] • Contrôle visuel : alterne regard sur le modèle et la figure à compléter → Intervention de son voisin : ton sommet B n'est pas bien tracé + aide, guidage des actions à réaliser • Gomme

				<input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : Prolonge [IB'] et [JB'], <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B • Gomme [AB] <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie A et B, obtient [AB] • Gomme [BC] <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie B et C', obtient [BC']
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
6	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet D	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémes d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation analogique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique

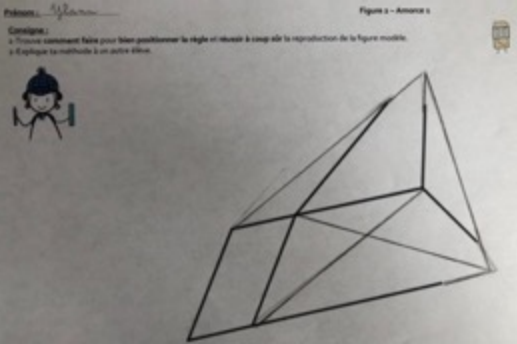
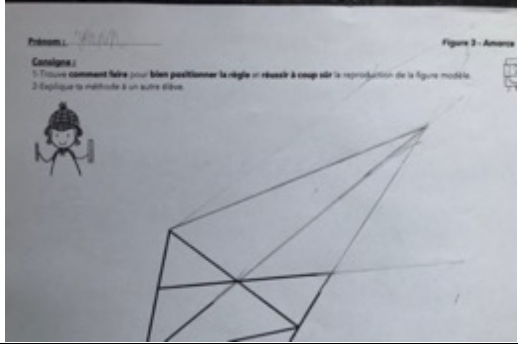
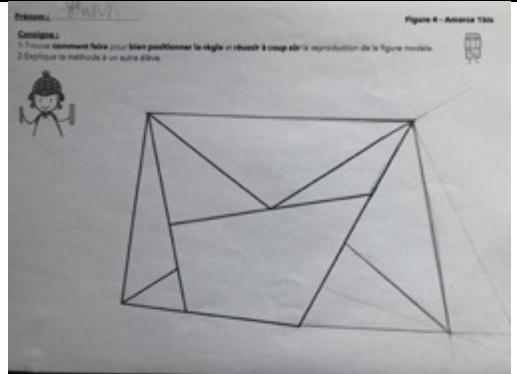
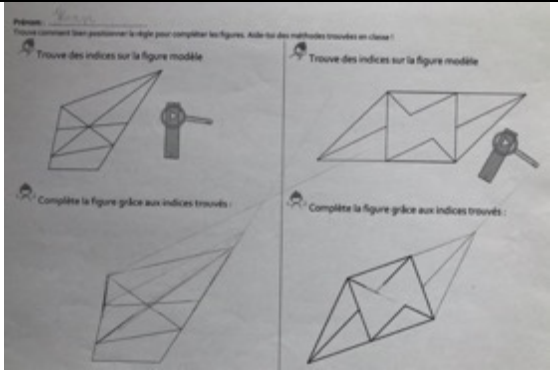
• Problèmes 7 et 8

	NATHAN	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : prolonge [EC'], obtient [EB'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [DI''], obtient [DA'] et I → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [GI'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtient B et [GB] • Gomme « ce qui dépasse » de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [DI''], obtient [DA'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : prolonge [FH'], obtient A → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie A et B → R2 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : trace au jugé à partir de B, obtient C' → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : trace au jugé à partir de C, obtient [I'C'] → R0 <input checked="" type="checkbox"/> Actions 3 et 4 : prolonge [AH'], [BH''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de H, [AH], [BH] <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie D et C' <p>Intervention de la PE, lui demande de regarder le modèle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse instrumentée de la figure modèle : « ah ils sont alignés » Ylann : de quoi ? Nathan : les deux-là il sont alignés (les parcourt du doigt), j'ai complètement oublié. » <input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : cherche à positionner sa règle sur le segment [EJ] mais ne réussit pas à visualiser le segment <p>Aide du voisin Ylann pour positionner la règle sur le segment [EJ]. Tracé de [IC']</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie D et C'
5	Composante 2 :	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet

	Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet A <input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémes d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique

6-Binôme B3 : Ylann

6-1-Ylann - Productions réalisées

B3-YLANN	
	
Situation d'action 1	Situation d'action 2
	
Situation d'action 3	Situation d'action 4

6-2-Ylann - Analyse de l'organisation des actions

• Problèmes 2 à 4

	YLANN	Problème 2 Situation d'action	Problème 3 Situation d'action	Problème 4 Situation d'action
1	Figure modèle			
2	Figure à compléter			
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève			
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : relie B et C' → R1 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : trace au jugé à partir de C', obtient C'' <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie C'' et C'' <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [ED''], obtient D''' <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie D''' et D' <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : relie F et D''' <input checked="" type="checkbox"/> Actions 7 : relie E et G 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Action 1 : trace au jugé à partir de A, obtient [AB'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Action 2 : prolonge [IC'''] et [DC'] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de C, [DC] et [IC] <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : prolonge [GI'], obtient [GB'] → R3 • Analyse du modèle (regard, 4x en A/R) <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : prolonge [EC] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B • Gomme [AB'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie A et B → R2 • Gomme ce qui dépasse » 	<ul style="list-style-type: none"> • Prise d'information visuelle sur le modèle • Prise d'information instrumentée sur le modèle <input checked="" type="checkbox"/> Actions 1 et 2 : prolonge [IB'] et [JB'''] → R3 <input checked="" type="checkbox"/> Obtention de B • Gomme « ce qui dépasse » de B <input checked="" type="checkbox"/> Action 3 : relie A et B → R2 <input checked="" type="checkbox"/> Action 4 : Tracé au jugé à partir de B, obtient [BC'] → R0 <input type="checkbox"/> Positionne sa règle sur [ED], change de décision <input checked="" type="checkbox"/> Action 5 : relie D et C', obtient [DC'] → R1 • Contrôle - « oups » - parcourt du doigt le segment [BC], fronce les yeux, s'interroge • Gomme [BC'] <input checked="" type="checkbox"/> Action 6 : trace au jugé à partir de B, semble

				<p>réajuster la direction de [BC'], obtient C'' → R0</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Action 7 : relie D et C'' → R0</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : trace au jugé à partir de C'', obtient [K'C'']</p> <p>Intervention PE : on est sûr ? on a bien utilisé les méthodes ? est-ce que ça ressemble au modèle ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle sur le modèle : parcourt le segment [BC] avec son crayon, puis parcourt le segment [KC] avec son crayon : ah oui ça... je suis trop bas, ça devrait être là » PE : essaye de chercher sur la figure modèle. • Prise d'information visuelle sur le modèle : pointe le point K sur le modèle, sur la figure à compléter • Gomme [KC] <p><input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : trace au jugé à partir de C'', obtient [K''C'']</p>
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input checked="" type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)
6	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet B	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3	<input checked="" type="checkbox"/> R0 <input checked="" type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4

9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Définir des points-sommets puis des segments	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là	Alternance : définir points-sommets / obtenir segments à partir de points déjà là
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique	Alternance problématique de modélisation analogique et spatio-géométrique

• Problèmes 7 et 8

	YLANN	Problème 7 (situation d'action-évaluation avant situation validation)	Problème 8 (situation d'action-évaluation avant situation validation)
1	Figure modèle		
2	Figure à compléter		
3	Restauration de la figure réalisée par l'élève		
4	Organisation de l'action instrumentée : suite des actions élémentaires réalisées	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Action 1 : prolonge [EC'], obtient [EB'] → R3 ✓ Action 2 : prolonge [GI'] et [DI''] → R3 ✓ Obtention de I, [GI] et [DI'] ✓ Action 3 : prolonge [IC''] → R3 ✓ Obtention de C ✓ Action 4 : prolonge [GI] → R3 ✓ Obtention de B ✗ Action 5 : relie H et B → R2 (difficulté visuelle - n'a pas identifié le point A) → R2 <p>Intervention PE : tu es sûr là ? //pointe le point A//</p> <p>Ylann : ah... Gomme le point B et le segment [HB]</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Action 6 et 7 : prolonge [FH] et [DI] → R3 ✓ Obtention de A 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Actions 1 et 2 : prolonge [AH'] et [BH''] → R3 ✓ Obtention de H ✓ Action 3 : prolonge [AB] → R3 ✓ Action 4 : prolonge [EJ] et obtention de F ✓ Obtention de C ✓ Action 5 : relie C et D → R2

		<input checked="" type="checkbox"/> Action 8 : relie A et B' <input checked="" type="checkbox"/> Action 9 : prolonge [EC] jusque B' <input checked="" type="checkbox"/> Action 10 : prolonge [GI] <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle : constate que la droite tracée ne passe pas par B. Gomme le segment [AB] <input checked="" type="checkbox"/> Action 11 : relie A et B	
5	Composante 2 : Informations sélectionnées :	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (avec extrémité commune)	<input type="checkbox"/> I1 : Point-extrémité segment <input checked="" type="checkbox"/> I2 : Point-sommet <input checked="" type="checkbox"/> I3 : Segment <input checked="" type="checkbox"/> I4 : Alignement de segments (sans extrémité commune)
6	Composante 3 Concept de point Relation d'alignement	<input checked="" type="checkbox"/> Points-sommets A et B <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments	<input checked="" type="checkbox"/> Point-sommet C <input checked="" type="checkbox"/> Relation alignement segments
7	Composante 2 : Règles d'actions	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4	<input type="checkbox"/> R0 <input type="checkbox"/> R1 <input checked="" type="checkbox"/> R2 <input checked="" type="checkbox"/> R3 <input checked="" type="checkbox"/> R4
8	Schémas d'actions instrumentées mobilisés	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4	<input checked="" type="checkbox"/> S2 <input checked="" type="checkbox"/> S3 <input checked="" type="checkbox"/> S4
9	Composante 1 But poursuivi par l'élève	Définir des points-sommets <u>puis</u> des segments	Définir des points-sommets <u>puis</u> des segments
10	Traitement du problème	Problématique de modélisation spatio-géométrique	Problématique de modélisation spatio-géométrique

7-Tableau global de l'évolution des schèmes d'action des élèves

Classe 2	Problème 2	Problème 3	Problème 4		Problème 7	Problème 8
Lilou	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4		<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4
Maëna	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4		abs	abs
Nathan	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4		<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4
Ylann	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4		<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4
Flavie	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4		<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4
Ambre	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4		<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3	<input checked="" type="checkbox"/> s2 <input checked="" type="checkbox"/> s3 <input checked="" type="checkbox"/> s4

Tableau global de l'analyse des schèmes d'actions instrumentées des élèves de la classe 2

Annexe 16 : Situations de formulation - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chaque binôme suivi :

1- Les productions réalisées, pour chacune des deux situations de formulation ;

→ Ces éléments sont présentés par ordre des binômes :

B1 : Lilou et Maëna ;

B2 : Ambre et Flavie ;

B3 : Nathan et Ylann

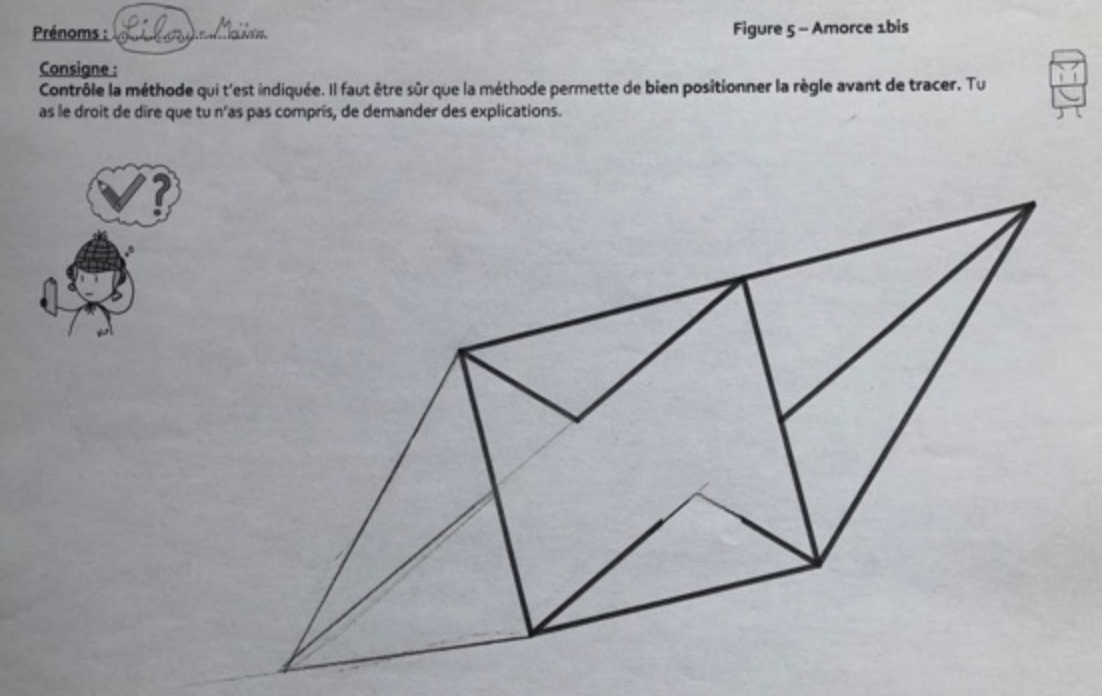
1-Binôme B1 : Lilou et Maëna

1-1-Productions réalisées

B1-Élève-proposant : Lilou ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Maëna

Prénoms : *Lilou et Maëna* Figure 5 – Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.

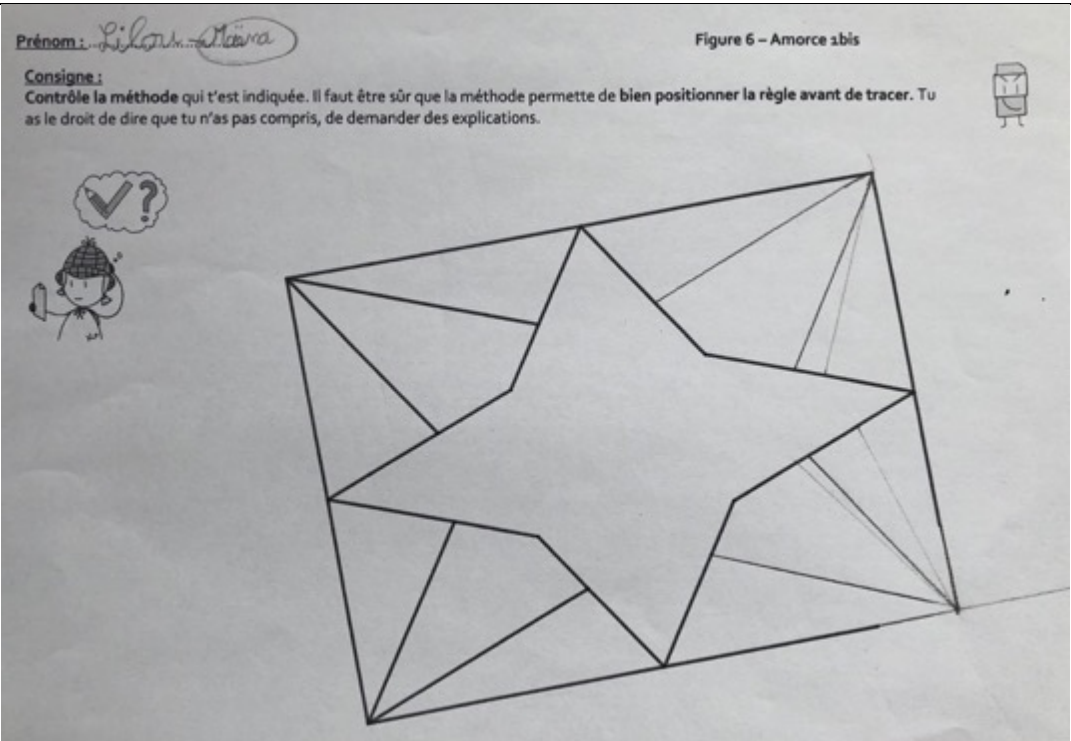


Situation de formulation n°1

B1- Élève-proposant : Maëna ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Lilou

Prénom : *Lilou et Maëna* Figure 6 – Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.



Situation de formulation n°2

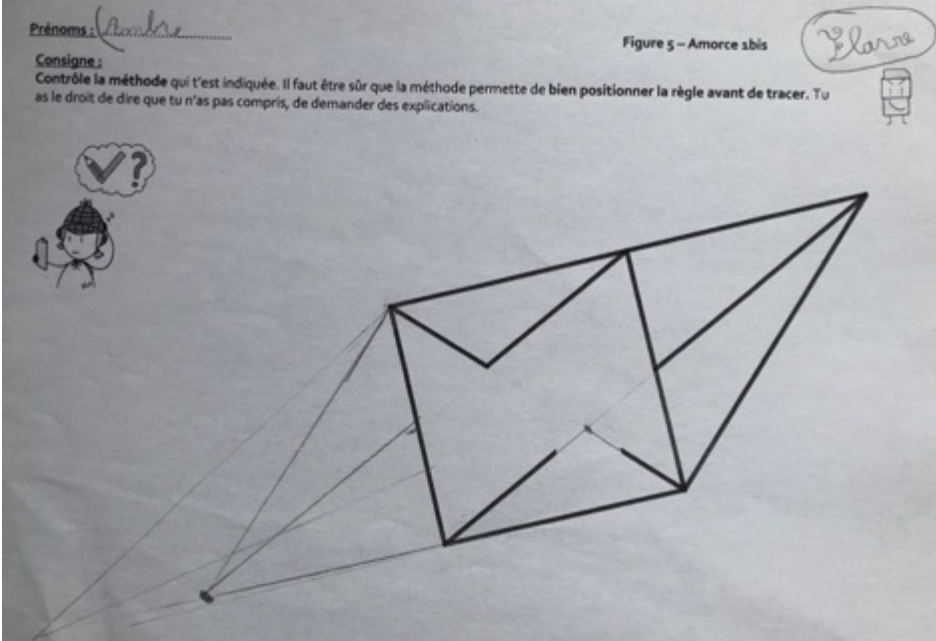
2-Binôme B2 : Ambre et Flavie

2-1-Productions réalisées

B2-Élève-proposant : Flavie ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Ambre

Prénoms : Ambre Figure 5 – Amorce abis Flavie

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.

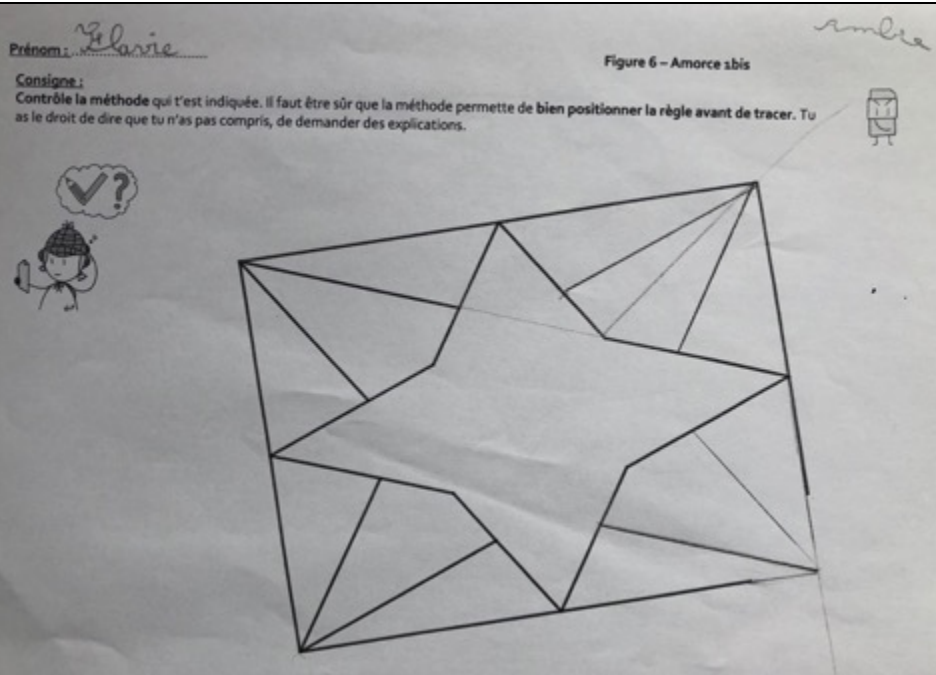


Situation de formulation n°1

B2- Élève-proposant : Ambre ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Flavie

Prénom : Flavie Figure 6 – Amorce sbis ambre

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.



Situation de formulation n°2

3-Binôme B3 : Nathan et Ylann

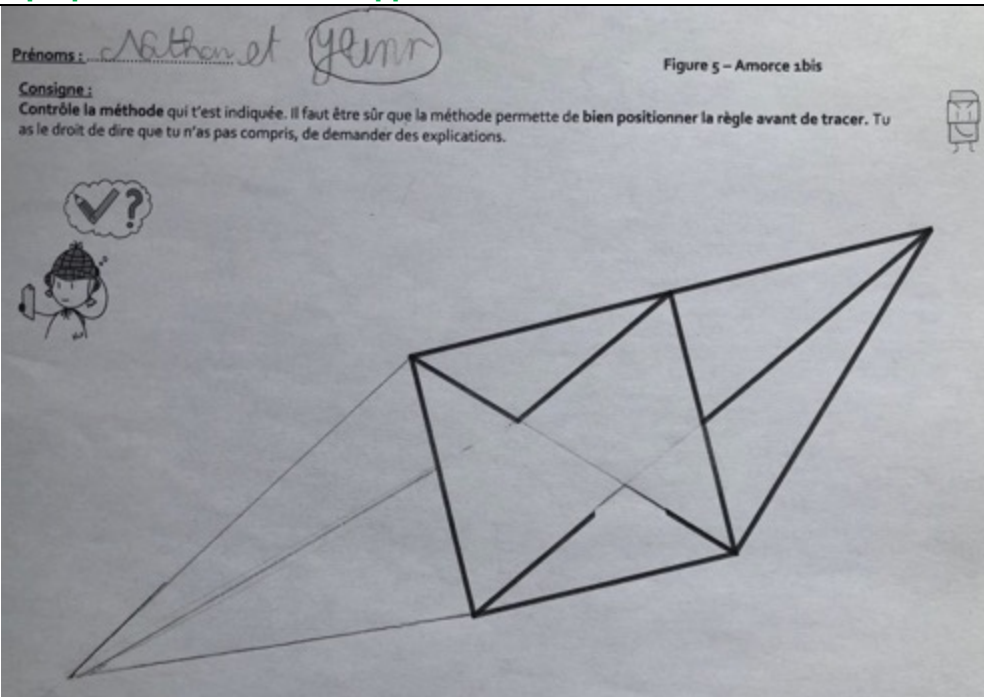
3-1-Productions réalisées

B3-Élève-proposant : Ylann ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Nathan

Prénoms : Nathan et Ylann

Figure 5 – Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.



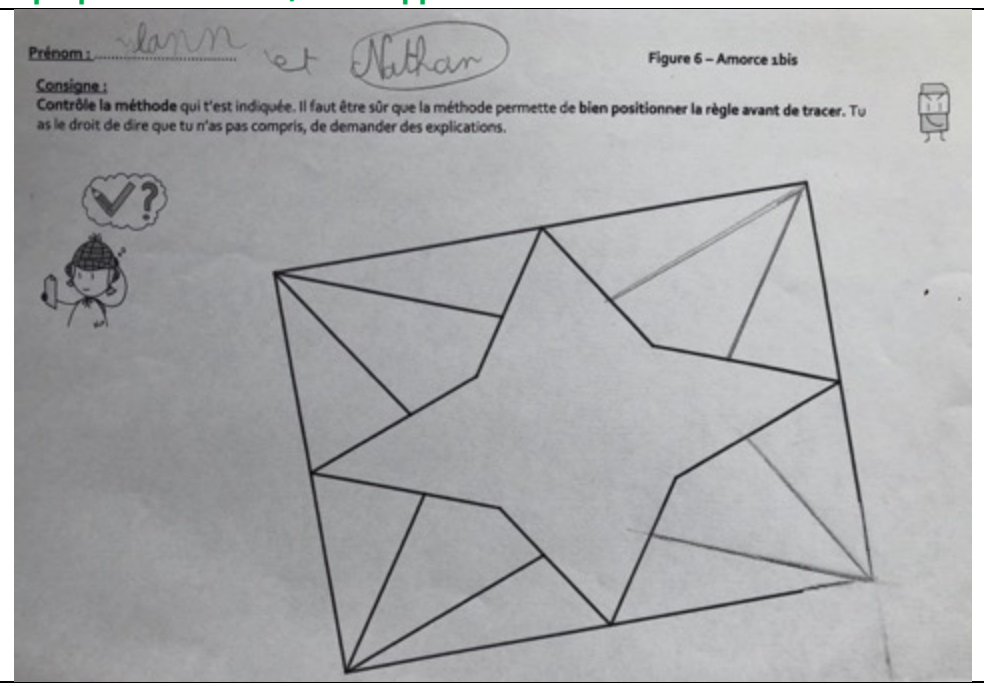
Situation de formulation n°1

B1- Élève-proposant : Nathan ; Élève-opposant-contrôleur-traceur : Ylann

Prénoms : Ylann et Nathan

Figure 6 – Amorce 1bis

Consigne :
Contrôle la méthode qui t'est indiquée. Il faut être sûr que la méthode permette de bien positionner la règle avant de tracer. Tu as le droit de dire que tu n'as pas compris, de demander des explications.



Situation de formulation n°2

Annexe 17 : Situation de validation - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chaque binôme suivi :

1- Le ou les énoncés de règles d'action produits,

→ Ces éléments sont présentés par ordre des binômes :

B1 : Lilou et Maëna ;




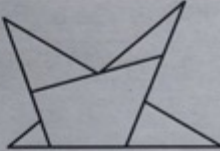
B2 : Ambre et Flavie ;

B3 : Nathan et Ylann

1-Binôme : Lilou et Maëna

1-1-Enoncés des règles d'action produits

• Sous quelles conditions peut-on tracer TOUS les COTES effacés de ces deux figures ?

Figure modèle	Figure à compléter
	
	





Code n°1 :

Si tu as deux point alignés tu peut poser ta règle sur deux point alignés et

2-Binôme : Ambre et Flavie

2-1- Énoncés des règles d'action produits

• Sous quelles conditions peut-on tracer TOUS les COTES effacés de ces deux figures ?

Figure modèle	Figure à compléter
	
	

Code n°2 :

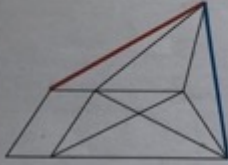



Si tu as des segments alignés alors on pose la règle sur un segment et on trace et on prolonge

3-Binôme : Nathan et Ylann

3-1-Productions : énoncés des règles d'action écrits

Ylann et Nathan

• Sous quelles conditions peut-on tracer TOUS les COTES effacés de ces deux figures ?

Figure modèle	Figure à compléter
	
	

Code n°1 :

Si tu as 2 point tu prends un règle sur deux point
point tu traces une ligne.

Annexe 18 : Situation de décision - Données Élèves

Nous présentons dans cette annexe, pour chaque binôme suivi :

1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision ;

~~2- Les transcriptions des échanges entre les deux élèves ;~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

→ Ces éléments sont présentés par ordre des binômes :

B1 : Lilou et Maëna ;


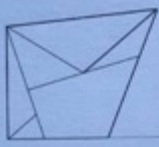
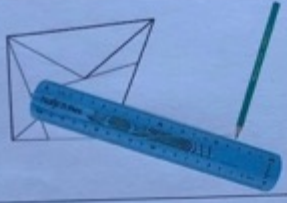

B2 : Ambre et Flavie ;

B3 : Nathan et Ylann



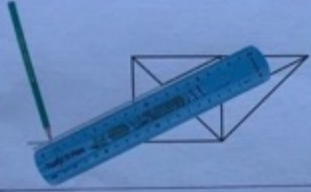
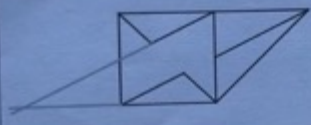
1-Binôme B1 : Lilou et Maëna

1-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision

• Groupe 3 - Figure 4 Lilou - Maëna

	
SEGMENT que j'ai cherché à reproduire	Figure à compléter
Méthodes réalisées :	
	J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.
	J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.
Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	
Parce que : tu n'as pas bien posé ta règle sur le trait parce que il était oblique.	






• Groupe 3 - Figure 5 Lilou - Maëna

	
SEGMENT que j'ai cherché à reproduire	Figure à compléter
Méthodes réalisées :	
	J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer. J'ai prolongé ce segment.
	J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.
Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
<input checked="" type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	
Parce que : tu as bien posé ta règle sur le trait en partant d'abord d'un segment aligné que tu devais chercher.	



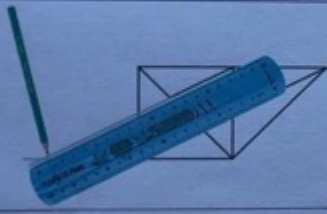

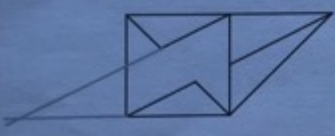
2-Binôme B2 : Ambre et Flavie

2-1- Les arguments produits, pour chacune des deux situations de décision

• Groupe 3 - Figure 4 *Ambre Flavie*

			
SEGMENT que j'ai cherché à reproduire		Figure à compléter	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle de manière penchée. J'ai tracé un trait.</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	 <p>Parce que : tu as mal posé ta règle sur le segment et que ça ne passe pas avec qui il y avait un segment aligné.</p>
	<p>J'ai obtenu le côté du triangle qui manquait.</p>		

• Groupe 3 - Figure 5 *Flavie Ambre*


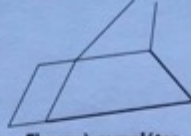


			
SEGMENT que j'ai cherché à reproduire		Figure à compléter	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé ma règle sur un segment aligné avec le segment à tracer J'ai prolongé ce segment.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	 <p>Parce que : tu as bien posé ta règle sur le segment aligné.</p> <p>Raison écrite n°1 : tu as mal fait ton trait.</p>
	<p>J'ai obtenu le sommet du triangle qui manquait.</p>		

--	--	--	--	--





3-Binôme B3 : Nathan et Ylann

3-1-Arguments produits, pour chacune des deux situations de décision :

• Groupe 2 - Figure 2 *Ylann et Nathan*

 <p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? Pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur un point.</p> <p>Ensuite j'ai tracé un trait penché</p>	<input type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input checked="" type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>la dessus pour la règle sur deux points.</i></p>
	<p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p>		

• Groupe 2 - Figure 4 *Ylann Nathan*

 <p>Segment que j'ai cherché à reproduire</p>		 <p>Figure à compléter</p>	
Méthodes réalisées :		Penses-tu que la méthode réalisée est correcte ? pour quelle raison ?	
	<p>J'ai posé le bord droit de ma règle sur les deux points situés aux extrémités du segment cherché.</p> <p>J'ai tracé un trait droit pour relier les deux points.</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Oui, la méthode est correcte <input type="checkbox"/> Non, la méthode n'est pas correcte	<p>Parce que : <i>tu a bien pour la règle sur les deux points.</i></p>
	<p>J'ai obtenu le segment qui manquait.</p>		

Karine Vieque - Conseillère Pédagogique Départementale en Mathématiques (62)

Annexe 19 : Situations d'action - Données Enseignante

Nous présentons dans cette annexe :

~~1-La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation et de la phase d'institutionnalisation locale de savoirs et savoir faire :~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignant

→ pour chacune des situations d'action n° 2, 3

3-Une photo des référents réalisés par l'enseignante que nous avons extraite des enregistrements vidéo.

--	--	--	--	--

1-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°2 - Interventions / schème communicatif / situation d'action n°2

	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
Ep 1	7	4	4			2	4
Ep 2	4	4	3			3	5
Ep 3	4	6	2	1		2	4
Ep 4							
Ep 5							
Ep 6							
Ep 7							
SYNTHE SE						6	17
Total	15	14	9	1		13	30

PE n°2 - Interventions / schème discursif / situation d'action n°2

Séance 2	Stade 1	Stade 2 Opposition				Stade 3 Question	Stade 4 Arguments		
		Dis2- Méd-Valid	Dis2- incomp- spatiale	Dis2-3- contr-info- géom	Dis2- Plani		Dis3-Q	Dis4- RA	Dis4- C
Ep 1		3							
Ep 2		1						1	1
Ep 3		6		5		2	3		
Ep 4									
Ep 5									
Ep 6									
Ep 7									
Total :		15				2	4		1

2-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°2 - Interventions / schème communicatif / situation d'action n°3

	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept- en-acte et théorème-en- acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5- Cont-AE1	Com5- Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
Ep 1	1	5					8
Ep 2	1	1	2	1		1	4
Ep 3	3	2				3	6
Ep 4		5	2			2	2
Ep 5		3	4	1		1	1
Ep 6							4
SYNTHE SE						3	5
Total	5	16	8	2		11	30

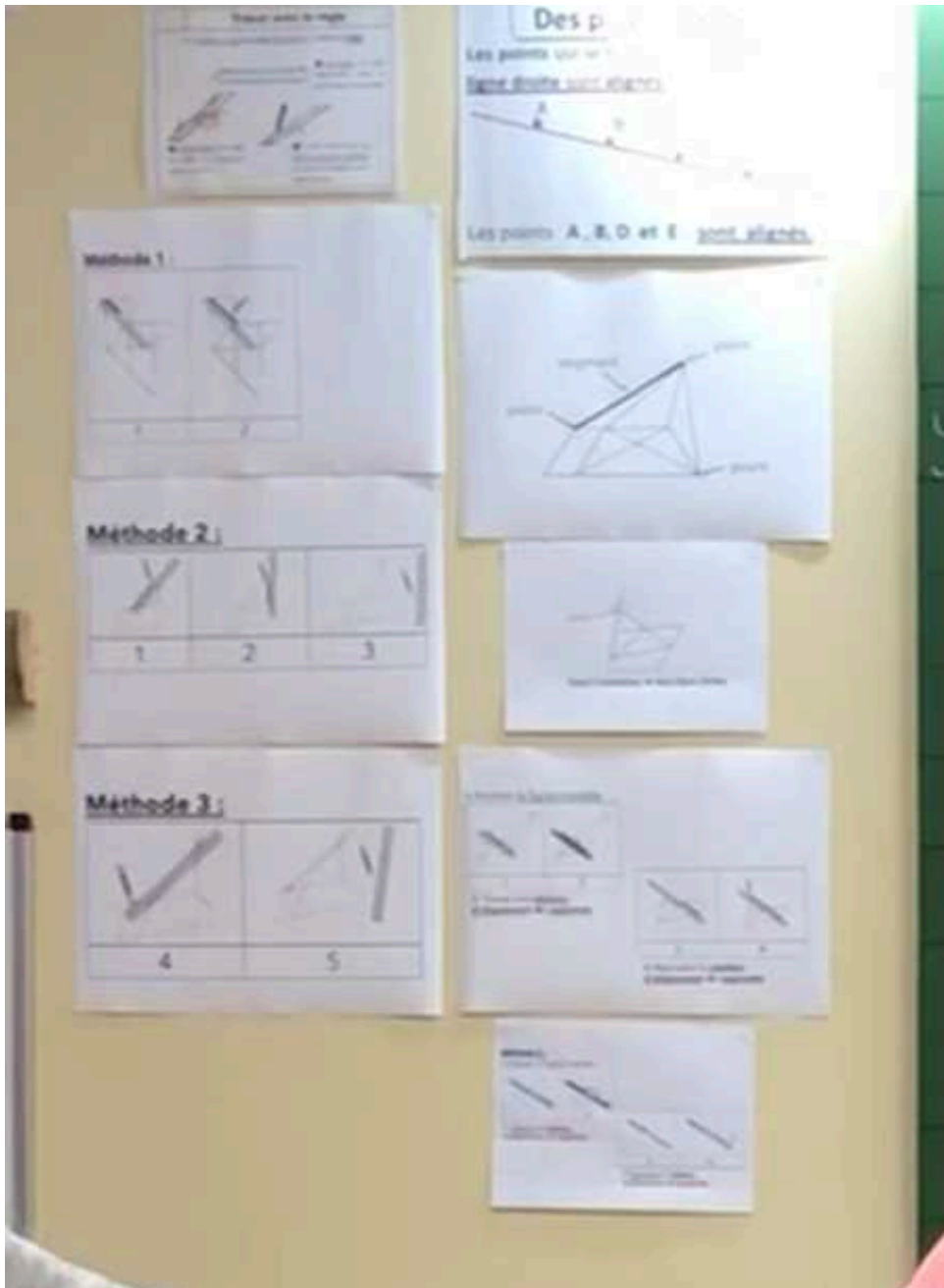
PE n°2 - Interventions / schème discursif / situation d'action n°3

Séance 3	Stade 1	Stade 2 Un opposition				Stade 3 Question	Stade 4 Des arguments		
		Dis2-Méd- Valid	Dis2- incomp- spatiale	Dis2-3- contr-info- géom	Dis2- Plani		Dis3-Q	Dis4- RA	Dis4- C
Ep 1		6							
Ep 2		3	2				1	1	1
Ep 3							1	2	1
Ep 4		2				9	2		1
Ep 5		4						2	
Ep 6		4		1		3	2	1	
Ep 7								1	
Total :		22				12	13		3

4-Photos des référents réalisés par l'enseignante

Les référents ont été réalisés à partir des exemples de traces écrites proposées.

La photo a été extraite d'un enregistrement vidéo :



Annexe 20 : Situations de formulation - Données

Enseignante

Nous présentons dans cette annexe :

~~1-La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation et de la phase d'institutionnalisation locale de savoirs et savoir faire :~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

→ pour chacune des situations de formulation n°1 et n°2.

3-Les tableaux globaux de l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante sur l'ensemble des situations d'action et de formulation

1-2-Les tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°2 - Interventions / schème communicatif / situation de formulation n°1

S4	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
Ep 1	2	5	2			1	2
Ep 2	1	7	5			4	3
Ep 3	5	5	1			1	4
SYNTHESE						1	2
Total	8	17	8			7	11

PE n°2 - Interventions / schème discursif / situation de formulation n°1

S4	Stade 1	Stade 2 « opposition »				Stade 3 « question »	Stade 4 « arguments »		
	Dis1	Dis2. Méd-Valid	Dis2. incomp-spatiale	Dis2.3. contr-info-géom	Dis2. Plani	Dis3-Q	Dis4-RA	Dis4-C	Dis4-concl-PE
Ep 1		1					1		
Ep 2		4		1		5	3		2
Ep 3		1							
Total :				7		5	4		2

--	--	--	--

2-2-Tableaux d'analyse du contenu des interventions de l'enseignante

PE n°2 - Interventions / schème communicatif / situation de formulation n°2

S5	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept- en-acte et théorème-en- acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont- AE1	Com5- Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
Ep 1		3	2				1
Ep 2						3	3
Ep 3	1	3				2	3
Ep 4	1	1	1	1		2	3
Ep 5	2		2				1
		2				2	3
SYNTHE SE							
Total	4	9	5	1		9	14

PE n°2 - Interventions / schème discursif / situation de formulation n°2

S5	Stade 1	Stade 2 « opposition »				Stade 3 « question »	Stade 4 « arguments »		
	Dis1	Dis2. Méd- Valid	Dis2. incomp- spatiale	Dis2-3. contr-info- géom	Dis2. Plani	Dis3-Q	Dis4- RA	Dis4- C	Dis4- concl-PE
Ep 1									
Ep 2		1				2	3	1	1
Ep 3		4				9	2		1
Ep 4						1		1	
Ep 5		1				1	1	1	1
Ep 6		3		2		2			
Ep 7									
Total :		11				15	9		3

3-Tableaux globaux de l'analyse du contenu des interventions de l'enseignante sur l'ensemble des situations d'action et de formulation

PE n°2 - Interventions / schème communicatif

	Composante 1	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : règle d'action	Composante 2 : 5-contrôle		Composante 3 : concept-en-acte et théorème-en-acte	
	Com1-but	Com3-AE1	Com4-AE2	Com5-Cont-AE1	Com5-Cont-AE2	Com6-RA	Com6-C
Séance 1							
Séance 2	15	14	9	1		13	30
Séance 3	5	16	8	2		11	30
Séance 4	8	17	8			7	11
Séance 5	4	9	5	1		9	14

PE n°1 - Interventions / schème discursif

Séances	Stade 1	Stade 2 « opposition »				Stade 3 « question »	Stade 4 « arguments »		
	Dis1	Dis2-Méd-Valid	Dis2-incomp-spatiale	Dis2.3-contr-info-géom	Dis2-Plani	Dis3-Q	Dis4-RA	Dis4-C	Dis4-concl-PE
Séance 1									
Séance 2		15				2	4		1
Séance 3		22				12	13		3
Séance 4		7				5	4		2
Séance 5		11				15	9		3

Annexe 21 : Situation de validation - Données

Enseignante

Nous présentons dans cette annexe :

~~1-La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation et de la phase d'institutionnalisation des énoncés des règles d'action~~

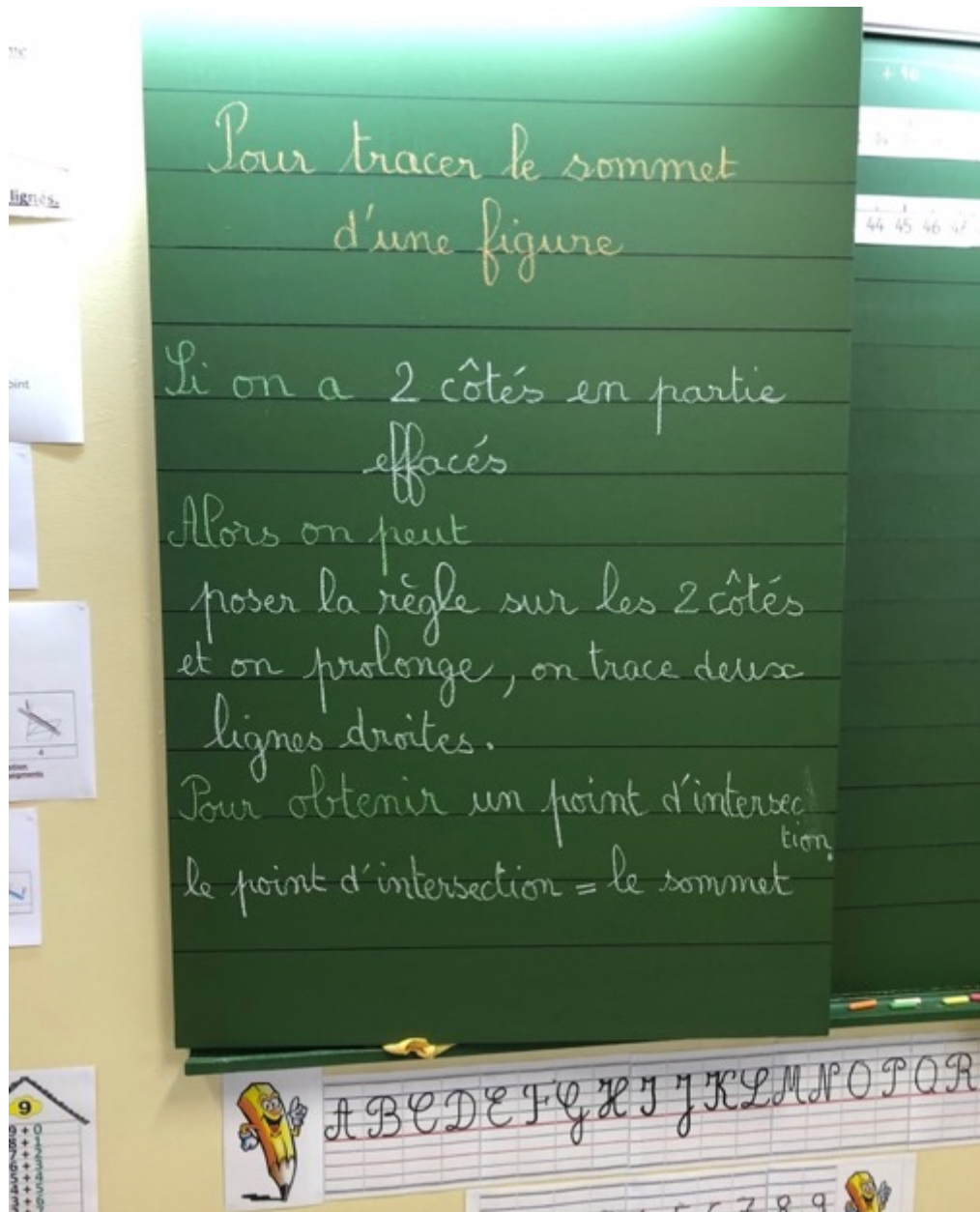
→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

2-L'énoncé de la règle d'action écrit collectivement lors de la dévolution de la consigne de la situation de validation

3-La trace écrite réalisée à la suite de l'institutionnalisation des règles d'action

1-2-Énoncé écrit lors de la dévolution de la consigne de la situation de validation

Cet énoncé a été écrit collectivement avec l'enseignante :



1-3-Trace écrite réalisée à la suite de l'institutionnalisation des énoncés des règles d'action

La trace écrite est constituée des énoncés des règles d'action formulés et validés par les élèves.

Entre la situation de validation et la situation de décision, l'enseignante a fait « repasser » les segments indiqués en rouge par les élèves avec des crayons de couleurs.

Code d'utilisation géométrique de la règle :

• Pour tracer le **CÔTÉ** d'une figure :

Figure modèle	Figure à compléter

Code n°1 : si tu as 2 points, alors tu peux poser ta règle sur les deux points, et tu traces un segment.

Figure modèle	Figure à compléter

Code n°2 : si tu as deux segments alignés, alors tu poses ta règle sur un segment aligné et tu le prolonges.

Figure modèle	Figure à compléter

Code n°3 : si tu as un trait en partie effacé, alors tu peux poser ta règle sur le trait et tu le prolonges.

• Pour tracer le **SOMMET** d'une figure :

Figure modèle	Figure à compléter

Code n°4 : si tu as deux côtés en partie effacés, alors tu peux poser ta règle sur les 2 côtés et tu les prolonges, tu traces deux lignes droites, pour obtenir un point d'intersection.

Annexe 22 : Situation de décision - Données Enseignante

Nous présentons dans cette annexe :

~~1 La transcription de la gestion par l'enseignante de la phase de validation par les élèves des décisions proposées ;~~

→ « Élément sous droit, diffusion non autorisée »

LISTE DES ÉLÉMENTS SOUS DROITS

Liste de **tous les éléments retirés** de la version complète de la thèse
faute d'en détenir les droits

Annexe B (classe 1)

Annexe 7 : Situations d'action - données élèves

→ Transcriptions et photos des élèves : Paul, Elysa, Fabien, Antoine

Annexe 8 : Situations de formulation - données élèves

→ Transcriptions et photos des élèves : Paul et Elysa, Fabien et Antoine, Lisa et Noémie

Annexe 9 : Situation de validation - données élèves

→ Transcriptions et photos des élèves : Paul-Elysa-Lucie ; Elysa-Antoine-Kyara ; Lisa-Kenza-Maël

Annexe 10 : Situations de décision - données élèves

→ Transcriptions et photos des élèves : Paul et Elysa, Fabien et Antoine, Lisa et Julia

Annexe 11 : Situations d'action - données enseignante

→ Transcriptions des déroulements et photos de l'enseignante

Annexe 12 : Situations de formulation - données enseignante

→ Transcriptions des déroulements et photos de l'enseignante

Annexe 13 : Situation de validation - données enseignante

→ Transcription du déroulement et photos de l'enseignante

Annexe 14 : Situation de décision - données enseignante

→ Transcription du déroulement et photos de l'enseignante

Annexe C (classe 2)

Annexe 18 : Situation de décision - données élèves

→ Transcriptions et photos des élèves : Lilou et Maëna, Ambre et Flavie, Nathan et Ylann

Annexe 19 : Situations d'action - données enseignante

→ Transcriptions des déroulements et photos de l'enseignante

Annexe 20 : Situations de formulation - données enseignante

→ Transcriptions des déroulements et photos de l'enseignante

Annexe 21 : Situation de validation - données enseignante

→ Transcription du déroulement et photos de l'enseignante

Annexe 22 : Situation de décision - données enseignante

→ Transcription du déroulement et photos de l'enseignante