DESSINE-MOI UN MARTIEN – UNE DEMARCHE DE MODELISATION EN CONTEXTE DE RESOLUTION DE PROBLEMES EN 2H-3H

Ludivine Sauget, Samantha Feller

Étudiantes, Université de Genève

Résumé : Cet article rend compte d'une activité autour de la résolution d'un problème mathématique proposé à une classe de 2H-3H. Nous avons à la fois observé les élèves en situation de modélisation ainsi que les pratiques enseignantes lors de la mise en commun. Il en ressort que si le schéma est largement investi par les élèves pour modéliser, le contexte « réel » reste très prégnant. Nos éléments d'analyse nous permettent également d'identifier certains gestes professionnels pouvant soutenir la modélisation.

Mots-clés : résolution de problèmes, modélisation, schématisation, mise en commun

INTRODUCTION

Cet article s'intéresse aux notions de modélisation et de schématisation dans le cadre de la résolution de problèmes mathématiques à l'école primaire. Par le biais d'un problème soumis à une classe de 2H-3H, nous cherchons à comprendre comment les élèves modélisent et s'ils investissent le schéma pour le faire. Nous nous penchons également sur les gestes professionnels de l'enseignante lors de la phase de la mise en commun et nous précisons en quoi ils permettent de soutenir et de guider la démarche des élèves.

Premièrement, nous définissons les notions de modélisation et de schématisation en prenant appui sur différents éléments théoriques. Afin de répondre à notre questionnement, nous proposons ensuite, à la lumière des apports théoriques, une analyse des travaux des élèves sous forme de productions écrites. Nous cherchons également, en exposant et en nous servant du cadre développé par Proulx (2020) autour des pratiques d'institutionnalisation, à saisir celles que l'enseignante déploie dans la phase de mise en commun. Finalement, nous tirons quelques conclusions tout en soulevant de nouvelles interrogations.

CADRAGE THÉORIQUE

La notion de modélisation est présente dès les premiers degrés de l'enseignement obligatoire. Effectivement, parmi les apprentissages visés par les moyens d'enseignement des mathématiques dans le domaine *Résolution de problèmes* figure la stratégie « Utiliser un tableau, un dessin, une liste, etc., pour modéliser un problème » (CIIP, 2019). Cet apprentissage s'articule autour de l'axe thématique MSN 15[1] *Modélisation* du Plan d'études romand (CIIP, 2010) dont l'objectif d'apprentissage est « Représenter des phénomènes naturels, techniques ou des situations mathématiques ».

La modélisation

Dans un premier temps, et afin de saisir la notion de modélisation, il nous parait nécessaire de décrire ce que représente une démarche de résolution de problèmes. Dans une démarche qualifiée d'"experte", Fagnant (2008 ; 2018) mentionne que la première étape consiste à saisir la situation décrite et à construire un modèle de situation (une représentation mentale) (Fagnant, 2018, p. 95). Ensuite, « la deuxième étape, (la modélisation) propose de transformer le modèle de situation en un modèle mathématique, c'est-à-dire

[1] Dans le Plan d'Etudes Romand, MSN réfère au domaine *Mathématiques et Sciences de la Nature*.

à exprimer sous une forme mathématique les relations qui unissent les éléments importants de la situation étudiée » (Fagnant, 2018, p. 95). Les deux étapes suivantes visent respectivement « […] à appliquer une analyse mathématique au modèle mathématique » et « […] à interpréter la ou les solution(s) en relation avec le modèle de situation » (Fagnant, 2018, p. 95). Fagnant précise que ce processus n'est pas à voir comme étant linéaire, mais plutôt comme une démarche cyclique dans laquelle des allers-retours entre les étapes peuvent (et parfois doivent) avoir lieu.

De leur côté, Burgermeister et Dorier (2013) se sont également intéressés à la question de la modélisation. Ils optent pour une définition assez large selon laquelle « modéliser signifie construire, discuter et étudier une correspondance entre deux (au moins) systèmes incluant des objets, des relations entre ces objets et des questions » (p.11). Modéliser revient alors à traduire une question posée dans un premier système (dans lequel cette question pose problème) dans un autre système dans lequel elle peut se résoudre. Ensuite, la réponse doit être interprétée dans le système initial. Nous retrouvons donc ici l'idée d'un modèle à construire tel qu'explicité par Fagnant.

Modélisation et schématisation

La notion de modélisation nous conduit à nous intéresser également aux schémas. En effet, dans les moyens d'enseignement des mathématiques, l'utilisation de tableaux, listes, croquis ou encore schémas est présentée comme une stratégie de recherche efficace (parmi d'autres) pour résoudre un problème et constitue un enjeu d'apprentissage du domaine « Aide à la résolution de problèmes en 3e – 4e » (CIIP, 2019). Il est précisé que les tableaux, schémas, listes, etc. que les élèves construisent leur permettent de se représenter la situation et de soutenir leur raisonnement par le biais de la modélisation (CIIP, 2019).

À propos des schémas, Monnier écrit (2003) : « les représentations schématiques permettent de présenter les données de façon non linéaire en allégeant la mémoire de travail, elles peuvent ainsi faciliter la construction de la représentation du problème » (p. 26).

Nous retrouvons également ces deux notions chez Dorier et Burgermeister (2013) qui précisent que la notion de schématisation, elle-même liée à celle de modélisation, a intéressé certains auteurs et citent notamment Gonseth :

> Dans un schéma, la réalité ne se trouve pas représentée dans tous ses détails, seuls certains traits sont conservés, et certains rapports évoqués. Un schéma n'est en aucune façon une représentation fidèle en un sens absolu : il n'est compréhensible que si on en possède la clé explicative. Ce qu'on exprimera en disant que l'adéquation du schéma à son objet est symbolique (Gonseth, 1932, p.234). (p.10)

Nous retiendrons donc pour la suite que le schéma facilite la représentation du problème et, en ce sens, qu'il aide à la construction d'un modèle de situation au sens de Fagnant (2018). De fait, si le schéma permet de modéliser un problème, c'est bien parce qu'il va pouvoir permettre de présenter des objets, des relations entre ces objets et des questions.

La distinction que nous ferons entre schéma et dessin est la suivante : à travers le dessin, l'élève cherche à représenter ce qu'il voit ou connait alors qu'avec le schéma il cherche un moyen de représenter les éléments significatifs pour résoudre le problème.

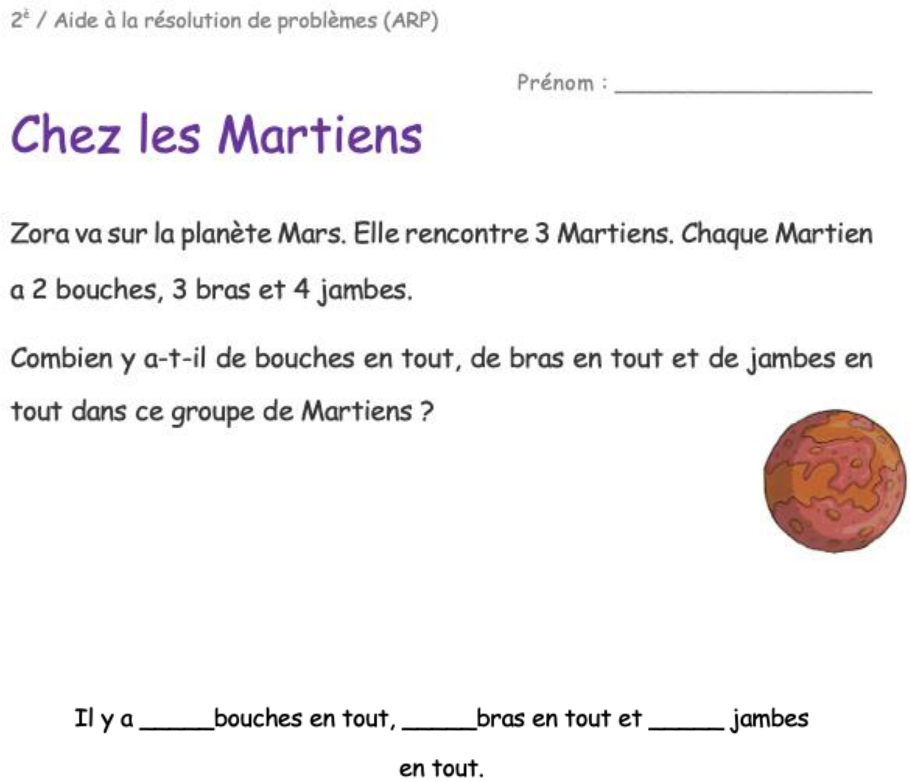
Problématique

Dans le cadre de notre travail, nous souhaitons nous pencher sur la thématique de la modélisation dans le domaine de la résolution de problèmes. D'une part, nous nous intéressons à la manière dont de jeunes élèves âgés de 5 à 7 ans s'approprient et se représentent les données d'un problème ou, dit autrement, comment les élèves modélisent-ils ? Nous souhaitons également identifier comment et dans quelle proportion les élèves investissent les schémas (au sens de représentations graphiques ou encore de dessins dans les moyens d'enseignement) pour modéliser. D'autre part, nous observons la façon dont l'enseignante de classe peut soutenir la modélisation, notamment à travers le moment de la mise en commun collective qui clôture l'activité.

Méthodologie

Notre recherche se déroule dans une classe de 2H-3H dans le canton de Genève. Nous y sommes accueillies durant deux leçons consécutives de quarante-cinq minutes, soit un total de 90 minutes sans interruption durant une matinée. Les élèves, au nombre de vingt ce jour-là, sont amenés à travailler autour du problème suivant : « Zora va sur la planète Mars. Elle rencontre 5 Martiens. Chaque Martien a 2 bouches, 3 bras et 4 jambes. Combien y a-t-il de bouches en tout, de bras en tout et de jambes en tout dans ce groupe de Martiens ? ». Ce problème, que nous avons proposé à l'enseignante, s'inscrit dans sa planification en mathématiques. De plus, il répond à nos différentes contraintes. Effectivement, nous avons pour préoccupation de choisir un problème faisant partie des moyens d'enseignement romands, pouvant s'adapter à un double degré et permettant de travailler la schématisation. Cette dernière ne fait pas l'objet d'un enseignement de longue date pour des élèves de 2H-3H, ils en sont à leurs premières tentatives.

L'énoncé de ce problème, intitulé *Chez les Martiens* (CIIP, 2019), est extrait des moyens d'enseignement et destinés à des élèves de 3H. Afin d'adapter le problème à l'âge des élèves, nous avons joué sur la variable didactique du nombre de Martiens en proposant 5 Martiens pour les élèves de 3H et 3 Martiens pour les élèves de 2H. Plutôt que de faire travailler les élèves en binôme, tel que proposé dans les moyens d'enseignement, nous avons fait le choix d'une modalité de travail individuel afin d'observer comment chaque élève investit la tâche. Une fiche (Fig. 1) sur laquelle effectuer la tâche est donc distribuée à chacun. La stratégie attendue par cette activité est de schématiser les Martiens et de compter les éléments demandés. Dans les moyens d'enseignement, l'apprentissage visé est « Utiliser un tableau, un dessin, une liste, … pour modéliser un problème » (CIIP, 2019). Notons également que certains élèves pourraient utiliser une procédure de calcul (additive ou multiplicative) pour résoudre ce problème. Si cette stratégie n'est pas celle attendue ici, elle pourrait toutefois apparaitre.


2è / Aide à la résolution de problèmes (ARP)

Prénom : ____________________

Chez les Martiens

Zora va sur la planète Mars. Elle rencontre 3 Martiens. Chaque Martien a 2 bouches, 3 bras et 4 jambes.

Combien y a-t-il de bouches en tout, de bras en tout et de jambes en tout dans ce groupe de Martiens ?

Il y a _____bouches en tout, _____bras en tout et _____ jambes en tout.

Fig. 1 : Fiche élève

Dans un premier temps, l'enseignante réunit tous ses élèves sur les petits bancs placés en demi-lune devant la classe et leur annonce qu'ils vont travailler autour d'un problème à résoudre. L'énoncé rédigé sur la fiche est tout d'abord lu aux sept élèves de 3H, puis aux treize élèves de 2H. Avant que les élèves ne partent travailler individuellement à leur pupitre, l'enseignante s'assure que l'énoncé est compris (notamment par le biais de précisions sur le vocabulaire et de reformulations). Elle précise également aux élèves qu'ils auront à communiquer leur démarche à leurs camarades ; en ce sens, elle leur demande explicitement d'en conserver une trace écrite et les fait travailler avec un crayon ineffaçable afin de garder trace de leur cheminement. Une fois les élèves au travail, l'enseignante circule à travers la classe, relit l'énoncé au besoin, s'assure de la bonne compréhension de celui-ci et répond aux éventuelles questions. Une fois l'activité terminée par tous, l'enseignante réunit à nouveau ses élèves sur les bancs pour une phase de mise en commun.

ANALYSES ET RÉSULTATS

Lors de notre visite en classe, nous avons recueilli des données au format audiovidéo et récolté les fiches sur lesquelles les élèves ont travaillé. Grâce aux données filmées, nous avons pu réaliser une transcription de la mise en commun afin d'observer les pratiques de l'enseignante lors de ce moment en collectif.

Analyses des productions des élèves

Dans un premier temps, nous analysons les productions des élèves. À travers une première observation de ces dernières, nous pouvons constater que certaines fiches contiennent des éléments biffés. Cela nous donne à voir quelques indices sur le travail effectué par l'élève (Fig.2). D'une tentative de résolution du problème qui s'est certainement avérée infructueuse (au vu des éléments biffés), cette dernière a ensuite évolué vers une représentation schématique. Ces éléments nous évoquent les différentes étapes de la résolution de problèmes mentionnées par Fagnant (2018), à savoir la compréhension de la situation et la construction d'un modèle de situation, la modélisation, l'analyse mathématique et l'interprétation. En effet, dans le cas de notre exemple, l'élève a peut-être procédé à des allers-retours entre les différentes étapes en vue de se construire un modèle de situation. Toutefois, nous restons très prudentes quant à cette interprétation qui ne s'appuie que sur une production finalisée et non sur l'observation de l'élève en train de réaliser la tâche.

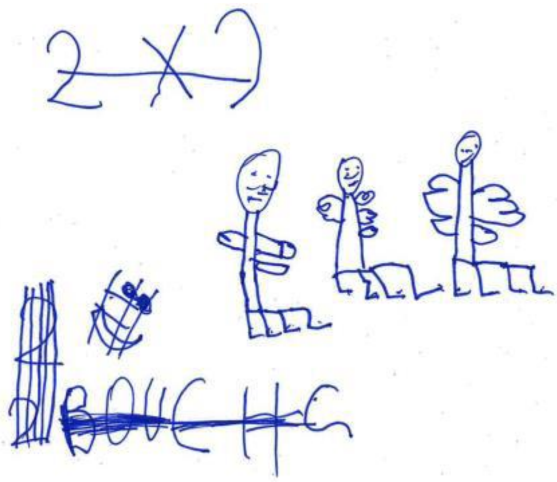


Fig. 2 : Fiche d'élève avec des éléments biffés

Afin de catégoriser les procédures des élèves, nous avons réalisé un tableau sur la base des stratégies identifiées lors d'une analyse *a priori* de l'activité *Chez les Martiens* (Fig. 3). Les différentes stratégies ont été listées, puis nous avons comptabilisé les travaux d'élèves se référant à chacune d'entre elles, toujours en nous basant sur l'observation de leurs productions écrites. Les travaux sont au nombre de dix-huit car deux productions d'élèves ont été écartées en raison d'un contenu qui s'est avéré indéchiffrable. Notons également que le total des travaux dépasse la somme de dix-huit car certaines productions pouvaient s'inscrire dans plusieurs stratégies (par exemple, il est possible de représenter les Martiens avec beaucoup de détails tout en interprétant également « les Martiens ont 3 bras » comme étant trois bras de chaque côté du corps).

Stratégies de base ou erronées	Nombre de travaux sur 18
Dessiner les Martiens sous forme réaliste	12
Interpréter « les Martiens ont 3 bras » comme étant 3 bras de chaque côté du corps	8
Dessiner Martiens en ajoutant détails et compter aussi éléments inutiles*	0
Additionner les différentes valeurs numériques contenues dans l'énoncé (3 +2+3+4 ou 5+2+3+4 par exemple)	1
Recopier les données de l'énoncé (comme dans un exercice de français)	1
Stratégies visées	
Schématiser (ne pas représenter la réalité dans tous ses détails, mais une version simplifiée) les Martiens et compter les éléments demandés	3
Utiliser une procédure de calcul (additive)	0
Utiliser une procédure de calcul (multiplicative)	0

* Bien que souvent présents, les éléments ajoutés ne sont pas comptabilisés.

Fig. 3 : Tableau réalisé à partir des différentes productions écrites des élèves

Sur la base de ce tableau, nous pouvons constater que quinze élèves sur dix-huit mobilisent le schéma, mais tous ne le font pas de manière identique, nous le verrons ci-après.

Selon Burgermeister et Dorier (2013), la modélisation met en relation (au moins) deux systèmes. Dans le problème *Chez les Martiens*, le système initial est constitué de la rencontre des Martiens, il s'apparente à un contexte « réel ». Le second système renvoie aux mathématiques. Il ressort de notre tableau que le modèle construit par les élèves pour mettre en relation les deux systèmes relève essentiellement du schéma. Effectivement, les élèves se sont aidés d'un schéma leur permettant de mettre en évidence certains éléments de l'énoncé et de faire un lien avec la notion mathématique (il s'agissait ici finalement de donner un nombre d'éléments) afin d'apporter une solution à la question posée.

En termes de schématisation, sur ces quinze élèves, douze d'entre eux réalisent un dessin très détaillé, c'est-à-dire « un beau dessin » qui comporte certains éléments inutiles à la résolution du problème (par ex. des yeux, des cheveux, des doigts ou encore des orteils) (Fig. 4). Pour ces élèves, le contexte « réel » reste donc très prégnant. Le schéma a pour fonction de présenter les données et d'alléger la mémoire de travail, facilitant ainsi le passage de la représentation à la résolution du problème (Monnier, 2003, p. 26).

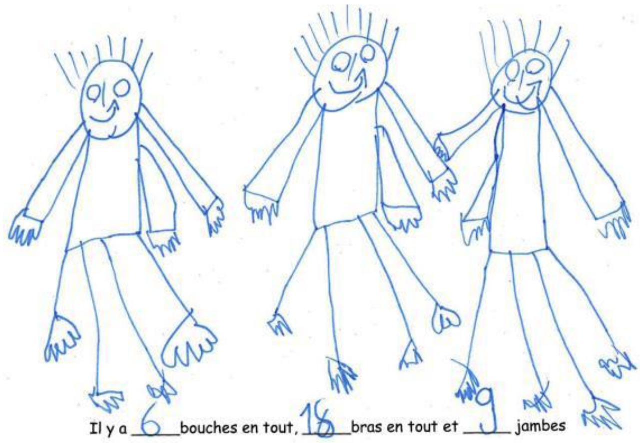


Fig. 4 : Un exemple de représentation graphique comportant des détails inutiles à la résolution du problème

Nous constatons également que huit élèves interprètent l'énoncé « les Martiens ont 3 bras » comme signifiant que les Martiens ont trois bras de chaque côté (Fig. 5).

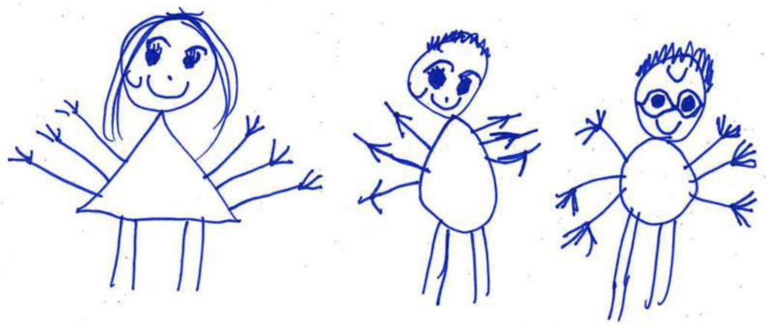


Fig. 5 : Interprétation de l'énoncé « les Martiens ont 3 bras » comme étant trois bras de chaque côté

Cette interprétation est très certainement liée au fait que les élèves se basent sur leurs connaissances du monde pour résoudre le problème auquel ils sont confrontés. En effet, s'appuyant sur leur observation de la symétrie du corps humain, ils la transposent alors aux Martiens. En termes de système, le contexte est fortement marqué, tout comme dans le cas du schéma détaillé.

Au sein de la classe, trois élèves ont schématisé la situation de manière simplifiée. L'un d'entre eux a véritablement réduit la situation à ses traits essentiels (Fig. 6), attestant d'un niveau fort du système mathématique et d'un degré élevé d'abstraction. Lorsque nous observons le travail de ces trois élèves, nous nous rapprochons alors de la notion de schématisation telle que définie par Gonseth qui précise qu'un schéma n'est pas une représentation fidèle de la réalité.

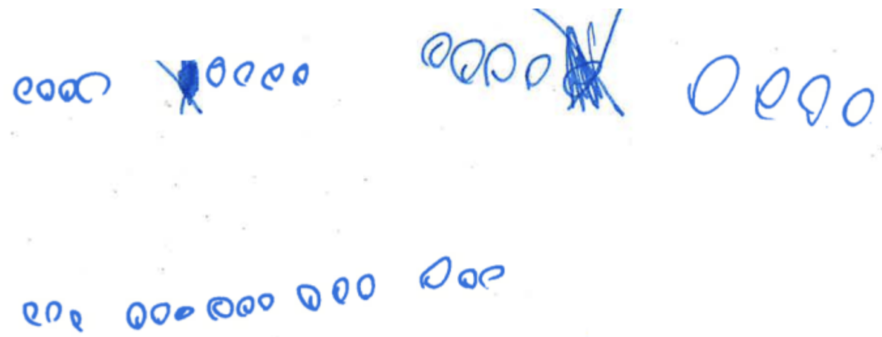


Fig. 6 : L'élève a représenté les éléments à compter de manière très simplifiée

Analyse des régulations de l'enseignante dans une activité de mise en commun à partir du cadre de Proulx

Dans un deuxième temps, nous abordons l'analyse des régulations menées par l'enseignante durant la phase de mise en commun de l'activité *Chez les Martiens*. Effectivement, de nombreuses interactions ont lieu entre les élèves et leur enseignante durant ce moment. Afin de caractériser les interventions de cette dernière, nous faisons le choix de nous appuyer sur les types de pratiques identifiées par Proulx (2020) en contexte de résolution de problèmes. Il distingue trois types de pratiques qu'il relie à l'institutionnalisation[2] :

- Les pratiques de validation : l'enseignant encourage les élèves à expliquer leurs stratégies, à justifier, argumenter et s'assure que les arguments soient compris de tous (pp. 80-81).
- Les pratiques de reformulation : l'enseignant peut reformuler une idée pour la rendre accessible à tous (pp. 84-85).
- Les pratiques de ramassage : « l'enseignant souligne les productions réalisées durant la séance qui ont un potentiel important au niveau des mathématiques, qui vont être utiles et réutilisées plus tard […] » (p. 86). Ces pratiques concernent les productions mathématiques valides (p. 87).

La transcription de la mise en commun nous a permis d'analyser le discours de l'enseignante. À chacun de ses tours de parole, nous avons inscrit s'il s'agissait d'une pratique de validation, de reformulation ou de ramassage. Ces enchainements de parole ont ensuite été traduits par une barre colorée et ont donné lieu à la figure 7. Notons encore que notre intérêt ne s'est pas porté sur l'aspect quantitatif des différents types de pratiques, mais davantage sur leur présence et leur contenu. Cela nous mène à plusieurs constats.

Tout d'abord, nous pouvons observer que les trois types de pratiques sont bel et bien présentes tout au long de la mise en commun collective qui dure environ vingt minutes. L'enseignante régule les échanges en distribuant la parole au sein du groupe et les différentes pratiques co-existent tout au long de la phase de mise en commun (Fig. 7).

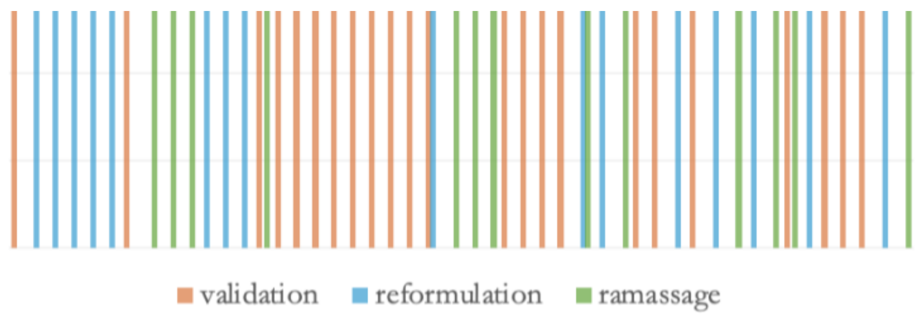


Fig. 7 : Trois types de pratiques dans le discours de l'enseignante

Les pratiques de ramassage sont réparties tout au long de cette phase de mise en commun, mettant en évidence « […] des accomplissements faits et sur lesquels des appuis seront pris pour le travail ultérieur » (Proulx, 2020, p. 90). En effet, à plusieurs reprises, l'enseignante pointe et valide les procédures des élèves. En voici deux exemples :

Enseignante : *La technique de Marie*[3] *c'est je dessine les Martiens, c'est la première étape. Et la deuxième étape, c'était je compte. Alors, première technique, dessiner, et deuxième technique compter…*

[2] Dans son travail, Proulx fait référence au concept d'institutionnalisation de Brousseau. Toutefois, nous ne parlerons pas d'institutionnalisation dans le cadre de l'activité que nous avons observée, mais plutôt d'un moment de mise en commun avec le collectif classe.

[3] Prénom d'emprunt

Enseignante : *Ah […] il dessine pas tout l'extraterrestre, lui. Il dessine un schéma pour dire 1, 2, 3 bras. Il se dit ça c'est les bras, il y a 3 bras, et je fais des paquets. Et je fais des paquets pour faire 3 bras, 3 bras, 3 bras, 3 bras, 3 bras, j'ai mes 5 extraterrestres. Vous avez vu ?*

Lors de ces deux interactions, l'enseignante utilise le terme " dessiner ", attirant ainsi l'attention des élèves sur l'utilisation du dessin pour modéliser un problème. Dans le 2ème énoncé, l'enseignante explicite la notion de schéma lorsqu'elle dit « *il dessine pas tout l'extraterrestre, lui. Il dessine un schéma pour dire 1,2, 3 bras* ». L'enseignante rejoint les propos de Gonseth qui explique que le schéma n'a pas besoin de comporter tous les détails présents dans la réalité. Elle met également en évidence les objets (les bras) ainsi que la relation entre les objets (cinq extraterrestres ayant chacun trois bras) au sens de Burgermeister et Dorier (2013).

De plus, pour chaque procédure validée, l'enseignante rédige une note brève et/ou une illustration sur une feuille A4 qu'elle affiche au tableau. Ainsi, « les productions de la classe, […], [sont] rendues officielles pour la classe, pour les traces de la classe et leur réutilisation dans celle-ci » (Proulx, 2020, p. 92). À travers sa manière de dire et de faire, l'enseignante visibilise les procédures des élèves, pointant notamment deux niveaux de schématisation différents allant du dessin détaillé au dessin simplifié. Comme Proulx (2020) le relève, ce travail de mise en mots, de sélection et de valorisation des productions des élèves peut être vu comme une forme d'institutionnalisation interne au sens de Brousseau (1998) (p.92). En effet, par ses gestes, l'enseignante légitime les connaissances construites collectivement, en les reliant à l'objet d'enseignement et en les intégrant à la mémoire commune de la classe. Elle contribue ainsi à transformer les savoirs produits par les élèves. Cette interprétation rejoint la perspective de Proulx (2020), pour qui l'institutionnalisation ne se limite pas à une transmission de la part de l'enseignant ou de l'enseignante, mais se construit dans et par les interactions au sein même de la classe (p.92).

Les pratiques de reformulation sont également présentes de manière régulière et permettent à l'enseignante de s'assurer d'avoir bien saisi ce que disent les élèves d'une part et de reformuler, voire de préciser ou de compléter certains énoncés à l'attention de toute la classe d'autre part. Par exemple, lorsqu'elle demande à Alan[4] de verbaliser sa démarche, l'enseignante le questionne sur la manière dont il a modélisé le problème et reformule les objets ainsi que les relations entre les objets à l'attention de tous les élèves.

Alan : *J'ai écrit les chiffres, et après j'ai hum j'ai compté par exemple les 4 jambes, j'ai compté 4, j'ai 4 à chaque fois…et après..*

Enseignante : *Ah donc ça fait 1-2-3-4- ça fait un Martien ?*

Alan : *Et après ça… et j'avais pris celui qui était en dernier.*

Enseignante : *Ahhhh, donc tu les as écrits en même temps que tu comptais ? En même temps que tu comptais, tu faisais 1-2-3, un Martien, 1-2-3-4-un… Je, je fais la technique, tu me dis si c'est ça ? Tu me dis si c'est ça parce que c'est pas tout à fait la même que ce que j'imaginais. Bon heuu… Là, tu comptes les jambes par exemple ? Et tu dis 1-2-3-4 jambes pour un Martien. 5-6-7-8, ça fait deux Martiens. T'as fait au fur et à mesure comme ça ?*

Aux pratiques de ramassage et de reformulation s'ajoutent les pratiques de validation. Nous avons pu les observer à chaque fois que l'enseignante a cherché à faire s'exprimer les élèves au sujet de la manière dont ils ont modélisé le problème devant la classe. Pour ce faire, l'enseignante utilise des formulations plutôt courtes.

Enseignante : *Vous avez fait comment ?*

Viens nous montrer comment t'as fait avec la bande numérique.

T'as fait comment pour les jambes ?

C'était une bonne idée ?

[4] Prénom d'emprunt

En amenant les élèves à verbaliser, l'enseignante favorise la mise en place d'une communauté de validation (dont elle-même fait partie) au sein de laquelle la vérité mathématique se construit (Cobb et al., 1994 ; Lampert, 1990a cité par (Proulx, 2020)). Toutefois, durant notre bref passage en classe, nous n'avons pas eu l'occasion de voir les élèves débattre directement de la validation d'une proposition. Nous faisons l'hypothèse que l'enjeu de la séance menée ne se situait pas à ce niveau ce jour-là et que l'enseignante était également contrainte par le temps à sa disposition. S'il devait y avoir une deuxième phase de mise en commun, une mise en débat intéressante pourrait se situer au niveau des éléments essentiels à modéliser dans le problème des Martiens et du modèle mathématique à construire.

Conclusion

Dans notre recherche, nous nous sommes intéressées aux notions de modélisation et de schématisation. Pour comprendre la manière dont les élèves d'une classe de 2H-3H modélisent, c'est-à-dire comment ils peuvent « […] construire, discuter et étudier une correspondance entre deux (au moins) systèmes incluant des objets, des relations entre ces objets et des questions » (Burgermeister & Dorier, 2013, p. 11), nous nous sommes appuyées sur les traces écrites qu'ils ont produites en contexte de résolution de problèmes. La schématisation sur papier est intéressante, non seulement parce qu'elle peut soutenir la représentation mentale des élèves, mais également parce qu'elle peut devenir un outil de communication entre les élèves et leur enseignante (Fagnant, 2018, p. 104).

Confrontés au problème *Chez les Martiens* (CIIP, 2019), nous avons constaté que quinze élèves sur dix-huit ont utilisé un schéma. Cette représentation leur a permis de mettre en évidence les données du problème et de faciliter « […] le passage de la représentation du problème à celle de la solution » (Monnier, 2003, p. 26). Pour les deux tiers des élèves de la classe, le système du contexte « réel » (ou concret) est encore très fort, comme nous avons pu le voir à travers les représentations graphiques très détaillées ou encore par la représentation des Martiens ayant trois bras de chaque côté. Nous pourrions à présent nous demander comment amener les élèves à considérer que pour résoudre un tel problème, les détails sont superflus et ainsi les emmener vers un système davantage mathématique. Effectivement, si le schéma est ici largement et spontanément investi pas les élèves pour modéliser, cela n'implique pas pour autant que les données du problème soient automatiquement comprises, sélectionnées et interprétées correctement. Or, si l'on souhaite que le schéma devienne un outil de modélisation efficace et pertinent, il semble nécessaire que l'élève sache quand et comment le réinvestir.

Nous avons également analysé les gestes professionnels de l'enseignante afin de voir en quoi ils pouvaient soutenir la modélisation. Pour cela, nous nous sommes appuyées sur les trois types de pratiques d'institutionnalisation identifiées par Proulx (2020) en contexte de résolution de problèmes, à savoir les pratiques de validation, de reformulation et de ramassage. Nous avons observé que durant la phase de mise en commun de l'activité *Chez les Martiens*, les trois types de pratiques sont déployées par l'enseignante, s'alternent et co-existent parfois. À travers les pratiques de validation, l'enseignante offre une place à ses élèves pour qu'ils explicitent la manière dont ils comprennent la situation et comment ils construisent un modèle de situation au sens de Fagnant (2018). L'enseignante soutient également la modélisation en pointant les objets du problème et les relations qu'ils entretiennent par le biais des pratiques de reformulation. Enfin, les pratiques de ramassage remplissent le rôle de mettre en évidence les différents modèles construits par les élèves et d'attirer leur attention sur la notion de schéma. De plus, en affichant au tableau différents modèles que les élèves ont construits, l'enseignante rend visibles des démarches de résolution de problèmes qu'ils pourront réinvestir par la suite. Fagnant (2018) souligne qu'

> […] un enjeu important de l'enseignement est d'amener les élèves à développer des démarches expertes et réflexives de résolution de problèmes, consistant à mettre en oeuvre un processus complexe de modélisation mathématique dans lequel la représentation appropriée (d'un modèle de situation) joue un rôle central (Thévenot, Barouillet & Camos, 2015). (p. 96)

À travers notre analyse, nous pouvons constater que les interventions de l'enseignante ont bien une telle intention.

Si la possibilité nous était donnée d'observer à nouveau la classe, il serait intéressant de voir dans quelle mesure les élèves tirent parti de la mise en commun et comment évoluent leurs représentations schématiques pour modéliser un problème. Il serait également intéressant d'observer en quoi la modélisation et la schématisation construites dans le cadre du problème des Martiens peuvent être transférées à d'autres problèmes similaires afin de favoriser leur résolution.

BIBLIOGRAPHIE

Burgermeister, P. F., & Dorier, J.-L. (2013). La modélisation dans l'enseignement des mathématiques en Suisse romande. *Petit x*, *91*, 5-24.

Conférence intercantonale de l'instruction publique (2010). Commentaires généraux pour la Formation générale (cycle 1). Dans *Plan d'études romand.* CIIP. https://www.plandetudes.ch/web/guest/fg/cg1/

CIIP. (2019). Chez les Martiens. https://www.ciip-esper.ch/#/sequence/80/activite/1256/ressource/TYPE_MATH_ACTIVITE/fullscreen

CIIP. (2019). L'Aide à la Résolution de Problèmes (ARP) en 3e- 4e. https://www.ciip-esper.ch/#/discipline/5/4/objectif/1001?sidepanel={%22contentType%22:%22laide_a_la_resolution_de_probleme_arp_en_3_sup_e_sup_et_4_sup_e_sup%22,%22fullscreen%22:false}

Fagnant, A. (2008). Des outils didactiques pour développer la résolution de problèmes dans l'enseignement fondamental—Aperçu des fondements théoriques et entrée au cœur de quelques activités. *Service de Pédagogie expérimentale de l'Université de Liège (Liège)*, *27/28*, 51-94.

Fagnant, A. (2018). Des illustrations qui accompagnent les problèmes à la construction de représentations schématiques par les élèves : Quels enjeux face aux problèmes standards et problématiques ? Dans J. Pilet & C. Vendeira (dir.), *Actes du séminaire de didactique des mathématiques de l'ARDM* (p. 94-113). IREM de Paris. https://bibnum.publimath.fr/IPS/IPS19027.pdf

Monnier, N. (2003). Les schémas dans les activités de résolution de problème. *Grand N*, *71*, 25-47. https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/71n3_1555579662234-pdf

Proulx, J. (2020). Institutionnalisation et enseignement en contexte de résolution de problèmes. *Revue québécoise de didactique des mathématiques*, *1*, 70-109. https://revues.ulaval.ca/ojs/index.php/rqdm/article/view/53756