

LE PROCESSUS DE DÉVOLUTION D'UN PROBLÈME EXTRA-MATHÉMATIQUE ET SES INFLUENCES SUR L'ENTRÉE DANS LA SITUATION PAR LES ÉLÈVES : DEUX ÉTUDES DE CAS

| DE SIMONE* MARINA, LACEK** YANA ET WEISS*** LAURA

Résumé | Nous analysons le processus de dévolution (Brousseau, 1990) d'un problème extra-mathématique dont la résolution requiert la mise en œuvre d'un ou plusieurs processus de modélisation au sens de Blum et Leiss (2007). Nous avons expérimenté le problème de la « tour Eiffel » dans deux classes (élèves de 14 ans) avec deux enseignants. Nous analysons sa mise en œuvre à l'appui de l'outil théorique développé par Yvain-Prébiski (2021) tout en intégrant la composante cognitive au sens de Borromeo Ferri (2006).
Mots-clés : modélisation, dévolution, enseignant, fragments de réalité, représentation mentale de la situation

Abstract | In this article, we analyze the devolution process (Brousseau, 1990) of an extra-mathematical problem whose resolution requires the implementation of one or more modelling processes in the sense of Blum and Leiss (2007). We focused on the “Eiffel Tower” problem in two classes of 14-year-old students with two teachers. We analyze its implementation using the theoretical tool developed by Yvain-Prébiski (2021) integrating the cognitive component in the sense of Borromeo Ferri (2006).

Keywords: modelling, devolution, teacher, reality fragments, mental representation of the situation

I. INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DU CONTEXTE

La résolution de problèmes et la modélisation sont au cœur de l'activité mathématique, mais leur mise en œuvre et leur enseignement sont des questions complexes. Dans notre projet de recherche, nous nous intéressons particulièrement à la modélisation mathématique et à son implémentation efficace en classe, conformément aux exigences institutionnelles du Plan d'Études Romand (PER). Pour ce faire, nous avons créé un groupe de travail composé de trois chercheurs et de quatre enseignants afin d'expérimenter des situations de modélisation en classe. Ces enseignants sont des volontaires motivés, intéressés par la recherche, qui s'interrogent sur leurs pratiques et s'efforcent de transmettre une vision différente des mathématiques à l'école.

Dans cet article, nous présentons une expérimentation menée dans deux classes (élèves de 13-14 ans) en juin 2024 à propos de la fidélité d'un modèle réduit de la tour Eiffel (Annexe 1).

Nous nous intéressons à la mise en œuvre de la situation par les enseignants qui permet aux élèves de s'emparer de la problématique et de construire un modèle mathématique pour évaluer la fidélité de la miniature qui leur a été montrée. Après la présentation du cadre théorique, nous analysons comment les enseignants des deux classes gèrent l'entrée dans la situation et le travail de modélisation des élèves.

* Institut Universitaire de Formation pour l'enseignement – Université de Genève (Suisse) – marina.desimone@unige.ch

** Faculté de psychologie et de sciences de l'éducation – Université de Genève (Suisse) – yana.lacek@unige.ch

*** Université de Genève – Suisse – laura.weiss@unige.ch

II. CADRE THÉORIQUE

Dans ce travail, nous nous référons aux recherches d'Yvain-Prébiski (2021) qui s'interroge sur « comment dévoluer le travail de mathématisation nécessaire pour rendre une situation enracinée dans la réalité accessible à un traitement mathématique » (traduction libre d'Yvain-Prébiski 2021, p. 305). Pour cela, elle détaille et complète le cycle de modélisation (Annexe 2) de Blum et Leiss (2007) et propose une description des processus de modélisation combinant le travail d'Israël (1996) et le courant « *realistic mathematics education* » (Annexe 3).

En effet, Yvain-Prébiski (2021) caractérise la *mathématisation horizontale* et, en se basant sur les travaux d'Israël (1996), elle ajoute des éléments complémentaires à ces étapes : d'une situation extra-mathématique, c'est à travers le choix de *fragments de réalité* la caractérisant et de leurs *aspects pertinents* en fonction de la question qu'on se pose qu'il est possible d'élaborer un problème susceptible d'un traitement mathématique (*PSTM*). Puis, partant de ce *PSTM* et en établissant des relations à travers certains de ses aspects, le *problème mathématique* prend forme. Ces deux phases correspondent selon Yvain-Prébiski (2021) aux étapes 2 (*simplifier/structurer*) et 3 (*mathématiser*) du cycle de modélisation de Blum et Leiss (2007) et contribuent à les expliciter.

Dans leur modèle, « Blum et Leiss (2007) décrivent la transition entre la situation réelle et le modèle de la situation comme une phase de compréhension de la tâche qu'ils considèrent importante dans le processus de modélisation » (traduction libre de Vorhölter et al., 2019, p. 103). Borromeo Ferri (2006, p. 92) insiste que « dans cette transition prend place une reconstruction mentale du problème, souvent implicite et non consciente chez l'individu qui la pratique » [traduction libre], aboutissant à ce qu'elle nomme une *représentation mentale de la situation*. Pour Schukajlow et al. (2023, p. 261), une caractéristique importante du modèle de la situation « est sa structure holistique qui permet de faire des inférences pendant la résolution du problème » [traduction libre]. Si on considère la modélisation comme objet d'apprentissage, il est donc d'une grande importance de s'assurer d'une dévolution efficace (Brousseau, 1990) de la mathématisation horizontale de la situation réelle comme condition indispensable pour travailler des problèmes de modélisation dans la classe. La dévolution est définie par Brousseau (1990) comme un « acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage [...] et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » (p. 325).

À l'aide de ce cadre théorique, nous formulons deux questions de recherche. Dans une situation réelle, comment les enseignants facilitent la construction de la *représentation mentale de la situation* ? Puis, comment les enseignants amènent les élèves à faire émerger les différents *fragments de réalité*, à sélectionner *leurs aspects pertinents* en vue de la construction d'un *PSMT* tout en les aidant à faire les liens afin d'aboutir à un *problème mathématique* ?

III. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Pour notre expérimentation, nous avons choisi une situation extra-mathématique (Annexe 1) visant la mobilisation du modèle de la proportionnalité mais dont la formulation ne donne pas d'indices dans cette direction. Ce problème a été proposé à deux enseignants de notre groupe de travail ayant chacun une classe de 12 élèves. La classe de Tom comporte des élèves en difficulté scolaire, alors que ceux de Noah suivent une orientation scientifique proposant un cours spécifique de « démarches mathématiques et scientifiques ».

Les enseignants étaient libres de choisir les modalités de la mise en œuvre de la situation qui a d'abord été expérimentée dans la classe de Tom où ils ont choisi d'être tous les deux présents. Le difficile rôle des enseignants des deux classes était de dévoluer la mathématisation horizontale de la situation aux élèves afin qu'ils perçoivent la pertinence des mathématiques pour la traiter.

Les données ont été prélevées en filmant la leçon depuis le fond de la classe, l'enseignant étant lui-même muni d'un micro-cravate. Chaque élève était de plus pourvu d'une caméra embarquée permettant d'enregistrer son travail. Les traces des élèves sur papier ont été ramassées à la fin du cours. Les chercheuses ont conduit des entretiens avec les enseignants avant et après l'expérimentation.

IV. ANALYSE DES DONNÉES

La présentation de la situation a été pratiquement identique dans les deux classes. Les enseignants ont fait le choix de ne pas distribuer l'énoncé écrit (Annexe 1), mais plutôt de raconter l'histoire d'un voyage à Paris dont ils avaient ramené un souvenir. Cette histoire est parlante pour les élèves qui, interrogés, ont eux-mêmes l'idée de ramener de Paris une miniature de la tour Eiffel. A ce moment, les enseignants montrent deux miniatures roses munies de faux diamants (Figure 1). Toutefois, malgré une préparation commune et la présence de Noah dans la classe de Tom, le déroulement de la séance diverge dans les deux classes.



Figure 1 – La miniature apportée en classe par les enseignants

1. *Analyse de la mise en œuvre de la situation dans la classe de Noah*

Noah termine l'histoire en disant que sa fille a dit que la miniature « n'était pas hyper fidèle à la grande tour Eiffel ». Il vérifie auprès des élèves s'ils comprennent ce que signifie l'expression « pas hyper fidèle » et ceux-ci l'interprètent comme « ça ne ressemble pas à ». Noah formule ensuite sa question : « est-ce que vous pensez que c'est fidèle, est-ce que vous avez l'impression que c'est fidèle à la vraie tour Eiffel ou pas ? ». Il lance alors les élèves pour 6 minutes de travail individuel avec la consigne « vous me notez tout ce qui vous passe par la tête, d'accord ? toutes les idées que vous avez, quoi que ce soit, on note [...] vous me notez le plus d'idées possible », afin que les élèves cherchent des *fragments de réalité* de tout type, inhérents à la situation.

Suite à cette phase, Noah procède à une mise en commun en notant à l'*open board* (OB) de manière succincte toutes les propositions des élèves sur deux colonnes (Figure 2) sans rien rejeter. Et pourtant, *a posteriori*, nous pouvons interpréter cette organisation spatiale du tableau comme une anticipation du tri (non explicite pour les élèves) des *fragments de réalité* selon leur pertinence pour le *PSTM*. Il anticipe ainsi la possibilité d'éliminer rapidement des éléments non pertinents pour construire le *PSTM*.

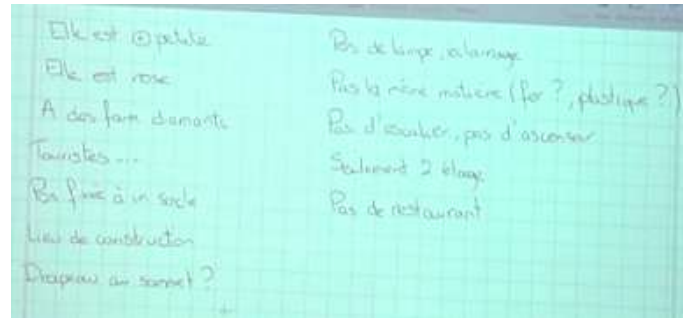


Figure 2 – Notes de la mise en commun

Il annonce donc :

Bon il va de soi qu'il y a des choses qu'on peut quand même je pense mettre de côté, oui elle est rose, c'est vrai, et en même temps je crois que, je ne pense pas que ce soit exactement ce qu'elle avait ... ce qu'elle avait en tête quand elle m'a dit « moi, je trouve pas qu'elle ressemble forcément, qu'elle est pas fidèle »

Ce geste est en contradiction avec son ouverture précédente. En ce sens, Noah cadre le travail, limitant ainsi le processus de dévolution de la *mathématisation horizontale*. Ce choix s'explique sans doute, d'une part, par sa présence dans la classe de Tom qui l'a mis en garde contre le temps long nécessaire aux élèves pour discuter de la pertinence de toutes les idées proposées et, d'autre part, en supposant que pour des élèves scolaires cela va de soi.

Noah propose alors aux élèves de travailler en petits groupes, mais probablement conscient d'avoir « court-circuité » le temps d'appropriation par les élèves de la situation, tente de les encourager à chercher des données permettant la construction d'un problème mathématique :

La question que je vous pose c'est : du coup, OK, c'est vrai qu'il y a pas tout ça sur ma tour Eiffel et pourquoi il y a pas tout ça ? Je veux que vous alliez me prendre le maximum d'informations et que vous arriviez à nous expliquer le pourquoi du coup ils ont pas fait la représentation la plus fidèle qu'ils pouvaient faire pour que ma fille soit contente.

En observant le travail des groupes, Noah réalise que la majorité de ses élèves sont au stade de donner comme réponse que cela serait trop cher à construire et que les éléments de la miniature seraient trop petits, sans mettre en œuvre un calcul proportionnel. Or, leurs arguments sont en soi suffisants pour décider que la miniature n'est pas fidèle, mais Noah ne les accepte pas et invite les élèves à creuser davantage en les laissant en autonomie.

Une partie de la difficulté nous semble provenir ici du mot « fidèle » qui est polysémique et ne pointe pas directement sur l'idée qu'un modèle réduit respecte tous les détails en les réduisant de façon proportionnelle. Autrement dit, les élèves en sont restés aux *fragments de réalité* sélectionnés par l'enseignant sans toutefois être en capacité d'identifier les *aspects pertinents* qui aboutiraient à la construction d'un *PSTM*. Ici, il est en effet crucial que les élèves interprètent le mot « fidèle » par rapport à l'idée d'une réduction proportionnelle.

En résumé, dans la classe de Noah, malgré une tentative initiale de laisser libre parole aux élèves, finalement la question à laquelle les élèves doivent répondre est posée par l'enseignant (la miniature n'est pas fidèle, pourquoi ?) et non dévolue à la classe ; de plus si l'enseignant note toutes les propositions des élèves, il les trie rapidement sans intégrer les élèves dans ce choix. Lors de cette phase, la *représentation mentale de la situation* que les élèves se sont construits n'a pas permis d'aboutir à un *PSMT*. En effet, l'idée de réduction proportionnelle n'est pas évoquée et n'apparaîtra que lors de la phase de travail de groupe amenée par l'enseignant.

2. *Analyse de la mise en œuvre de la situation dans la classe de Tom*

L'enjeu pour Tom semblait *a priori* plus ambitieux car il est confronté à des élèves qui ont peu confiance en leurs capacités et qui renoncent très vite devant les tâches scolaires. D'ailleurs, il commence plus lentement l'exposé de la situation, en donnant davantage la parole aux élèves.

- Tom : Avec M. Noah on est à allés à Paris tous les deux. Qu'est-ce qu'il y a de chouette à voir à Paris ?

Nombreuses réponses des élèves

- Tom : [...] on a voulu ramener des petits souvenirs, des petites tours Eiffel en miniature, on en a acheté mais vous allez me dire ce que vous en pensez. *Il montre les miniatures (Figure 1).* Qu'est-ce que vous en pensez ? Elles sont belles ?

Tom réoriente alors le regard des élèves vers la perception de la vraie tour Eiffel à partir des miniatures :

- Tom : Est-ce que vous croyez que les filles de M. Noah arrivent à avoir une bonne idée de la tour Eiffel si elles voient ça ?

Tom continue à débattre avec la classe demandant d'explicitier pourquoi les élèves répondent « non » à cette question. Afin d'enrichir pour les élèves le milieu au sens de Brousseau (1990), il les aide à se représenter la situation proposée en mimant sa situation à Paris :

- Tom : quand on regardait la tour Eiffel (*regard vers le haut*) et quand on regardait notre petit souvenir (*regard vers la miniature*)

Par cette comparaison, il fait vivre aux élèves une expérience mentale qui fait le lien entre la tour Eiffel et la miniature pour contribuer à la construction de la *représentation mentale de la situation* de réduction. Il amène ensuite l'expression « disons que ce n'était pas très fidèle ». Mais soucieux de la compréhension des élèves, il demande néanmoins le sens du mot « fidèle » et inscrit au tableau la proposition d'un élève « fidèle syn. réaliste ».

Il lance alors une première phase de réflexion individuelle, lors de laquelle les élèves sont censés identifier des *fragments de réalité* pertinents pour l'étude de la question posée.

- Tom : Ce n'est pas très fidèle ok, alors pour toutes les raisons qu'on a évoquées c'est-à-dire la couleur, les strass on trouvait que ce n'était pas vraiment réaliste. Votre travail à vous c'est que [...] vous allez écrire une ou deux raisons, allez deux chacun, expliquant pourquoi ce petit modèle réduit-là, il n'est pas fidèle, on a déjà évoqué la couleur et les diamants et donc ceux-là on ne va pas les prendre. Faites l'effort d'écrire.

À ce moment, il propose que les élèves regardent sur leur téléphone des photos de la tour Eiffel, puis il affiche une image (Figure 3) où l'on voit un modèle réduit photographié devant la tour Eiffel. Ainsi il œuvre à l'enrichissement du milieu qu'il focalise graduellement sur le passage de la tour Eiffel à la miniature et donc à l'idée de réduction.

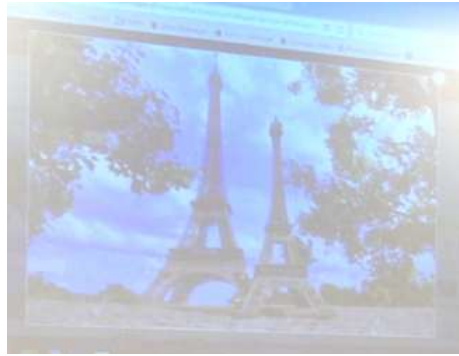


Figure 3 – Photo d'un modèle réduit devant la tour Eiffel projetée à l'OB

Mais constatant que les élèves n'avancent pas dans leur rédaction, il intervient alors une troisième fois en proposant ce que nous appelons et définirons ultérieurement une *expérience mentale dynamique* dont les élèves sont les protagonistes :

- Tom : Essayer de faire avec moi l'aventure, ok. Je vais à Paris en vrai, pardon, je me place devant la tour Eiffel, je la regarde et puis je suis dans la vraie vie donc je peux faire tout un tas de choses on est d'accord ? je peux la toucher, je peux la regarder, je peux tourner autour, je peux aller dessous, je peux observer faire tout ce que je fais en vrai, d'accord ? la question c'est imaginez-vous maintenant que j'ai une machine, un pistolet à rétrécir vous avez tous regardé les Totally Spies, non, ok je mets la miniature, je prends Edouard, je le rapetissis pour que, ben, il ait l'impression d'être devant la vraie tour Eiffel, alors qu'il est devant la miniature. La question c'est : qu'est-ce qui va faire qu'en regardant cette miniature, lui-même étant tout petit, il va se dire « Ah ça marche pas ». C'est cette expérience dynamique là que vous devez faire, qu'est-ce qui joue pas ? alors il y a plein d'idées mais si ça vous aide dans le travail de vous imaginer en tout petit petit devant cette pyramide-là, qu'est-ce qui vous permet ...

Ainsi Tom a enrichi successivement le milieu pour que l'idée de réduction puisse émerger. Toutefois la couleur restant une pierre d'achoppement pour un élève, Tom se réfère à l'image qu'il a projetée (Figure 3) et commente :

- Tom : oui on l'a dit la couleur regarde tu vois là je t'en ai mis une qui est quand même un peu plus fidèle mais est-ce que c'est suffisant, est-ce que, et c'est ça que je vous demande de faire dans ce cas-là, comment est-ce que toi, [...] tu te rends compte que c'est pas la vraie.

Après cette phase de travail individuel interrompu par les deux interventions de Tom, le résultat de la mise en commun est présenté sur la Figure 4.

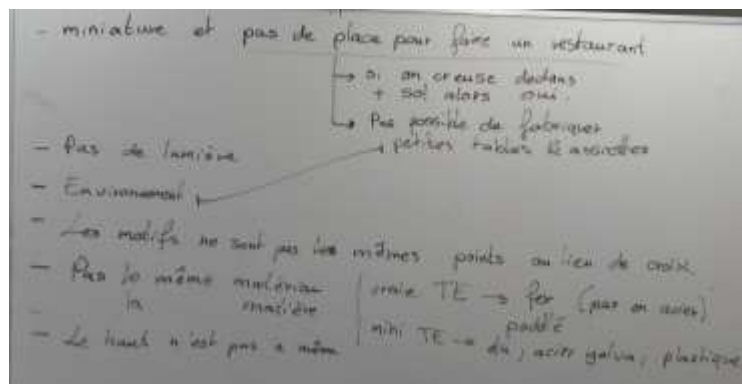


Figure 4 – Tableau de la mise en commun

En effet, il n'y a pas de mention de la couleur ou des diamants, et plusieurs élèves semblent avoir bien investi le concept de réduction. Par exemple, les élèves ont proposé que la forme des poutrelles n'est pas la même ou que sachant qu'il y a un restaurant au 2^e étage ils ont signalé que les assiettes seraient trop petites pour être fabriquées. Cela montre que parmi les *fragments de réalité* évoqués, les élèves ont su sélectionner les *aspects pertinents* de ces fragments pouvant constituer un *PSTM*. Quant au mot « proportionnalité », il est propre à un seul élève qui a clairement fait un pas de plus vers le modèle mathématique.

En résumé, Tom élabore avec les élèves la problématique, tout comme l'interprétation du mot « fidèle ». Il crée ensuite les conditions pour que les élèves puissent se construire une *représentation mentale de la situation* en tant que réduction grâce à l'enrichissement du milieu par les images proposées et les *expériences mentales dynamiques* suggérées. En ce sens, l'enseignant a réussi à ce que les élèves prennent en charge l'idée de réduction et donc à leur dévoluer une manière de voir la situation nécessaire à la création du *PSTM*.

V. DISCUSSION

L'analyse de ces deux séances nous permet de dégager quelques éléments clés pour comprendre ce qui peut se passer quand les élèves sont confrontés à une situation extra-mathématique.

Dans la classe de Noah d'élèves scolaires, les échanges vont plutôt à sens unique, avec relativement peu de répondant de la part des élèves qui semblent déstabilisés par une situation d'un genre nouveau. La relativement longue phase de travail individuel est peu productive pour identifier les *aspects pertinents des fragments de réalité* à retenir en vue de la construction du *PSTM*.

De ce fait, le travail de groupe des élèves qui a suivi la mise en commun débute donc avec un faible stock d'idées à partager et à débattre. L'enseignant devra intervenir dans les groupes pour les encourager à aller au-delà du « c'est trop petit » pour qu'ils quantifient ce « trop petit » en s'appuyant sur le modèle de la proportionnalité. A notre avis, parallèlement à la contrainte, temporelle, Noah a surévalué la capacité de ses élèves à identifier un problème de réduction dans la situation proposée et à lui appliquer le modèle mathématique de la proportionnalité. En effet, il n'est pas intervenu dans la construction de la *représentation mentale de la situation* qui permettrait d'aboutir au *PSTM*. Il nous semble donc que ces choix lui ont joué un mauvais tour et sont devenus un obstacle de la dévolution.

Tom, attentif à aider ses élèves faibles à entrer dans la tâche, leur propose d'opérer l'*expérience mentale dynamique* du rétrécissement. L'élimination initiale des *fragments de réalité* de la couleur et des diamants en affichant un modèle « plus fidèle » (Figure 3) oriente efficacement les élèves sur d'autres caractéristiques de la situation. Ainsi, dans cette classe, les élèves partent mieux armés pour le travail en groupe parce qu'ils ont vécu collectivement deux phases : la construction de la *représentation mentale de la situation* grâce aux interventions de Tom lors du travail individuel, notamment sous forme de l'*expérience mentale dynamique* puis, lors de la phase de mise en commun, la co-construction d'un *PSMT* et du *problème mathématique* associé. Pour ce faire, Tom s'appuie sur la contribution d'un élève qui, en regardant l'image du modèle réduit devant la tour Eiffel (Figure 3), évoque la proportionnalité. Bien que le modèle mathématique de proportionnalité pose des difficultés à ces élèves en termes de mise en œuvre, ils partent directement sur des calculs impliquant la proportionnalité. Si Tom, par le triple enrichissement du milieu, accorde à ses élèves beaucoup de temps pour bien comprendre la situation comme un phénomène de réduction, aboutissant ainsi à un *PSTM*, il doit amputer la situation initiale très large de ces errements qui caractérisent la mathématisation horizontale (ici couleur, diamants, forme, matière), pour aider les élèves à rentrer dans un problème de proportionnalité. Dans les deux cas la situation initiale doit être simplifiée (choix des *fragments de réalité*) et structurée (choix et mise en

relation des *aspects pertinents*), mais les enseignants s'y prennent différemment, l'un les laissant davantage en autonomie mais devant intervenir pour faire avancer le temps didactique, l'autre intégrant ses élèves dans le processus par l'enrichissement du milieu.

VI. CONCLUSION

Dans cette communication, nous avons analysé le travail des enseignants pour faire émerger dans la classe un *PSTM* à partir d'une situation de la vie réelle, à la lumière de l'outil théorique d'Yvain-Prébiski avec un focus sur sa composante de *mathématisation horizontale* tout en intégrant le concept de la *représentation mentale de la situation* au sens de Borromeo Ferri. Nous avons constaté dans les deux classes un travail laborieux qui, partant d'une situation de réalité complexe (à cause des miniatures choisies dont l'aspect est passablement éloigné d'un modèle réduit de l'original) visait à définir avec les élèves un problème de réduction régi par la proportionnalité, dont les résultats devaient remettre en cause la fidélité des miniatures.

Cette expérimentation montre les difficultés de l'implémentation de ce type de situations en classe. Les résultats de notre étude mettent en évidence l'importance de poser une question ouverte mais qui suscite *in fine* la nécessité d'un traitement mathématique. En particulier, elle nous amène ici à revoir la formulation de la question sur la « fidélité », car le terme « fidèle » est polysémique et appelle la réponse immédiate qu'il serait « trop petit et trop cher » de représenter tous les détails de la tour Eiffel dans la miniature. Cette réponse de bon sens est complète et pertinente ce qui rend le traitement mathématique artificiel.

Cette étude de cas s'inscrit dans une recherche dans laquelle nous désirons explorer et créer des outils à disposition des enseignants pour mettre en œuvre des situations issues de la vie réelle faisant appel à la modélisation. Pour cela, il pourrait se révéler utile d'anticiper de façon plus précise, lors de l'analyse *a priori*, les potentiels *fragments de réalité* qui vont apparaître dans la classe. Nous considérerons en effet ces *fragments de réalité* comme des variables didactiques de la situation qui déterminent, entre autres, la complexité de la mathématisation horizontale. L'observation du déroulement de ces leçons permet aussi de réfléchir à comment outiller des enseignants relativement à l'*expérience mentale dynamique* qui s'est révélée particulièrement efficace dans la construction d'une *représentation mentale* de cette situation et propice à la dévolution de la mathématisation horizontale. Nous définissons ici l'*expérience mentale dynamique* comme une expérience de pensée portant sur un processus qui varie dans le temps plutôt que sur un état statique et qui permet de se représenter une évolution.

La dévolution à mettre en œuvre s'appuie en grande partie sur la conception et l'aménagement du milieu didactique opérés par l'enseignant. Il s'agit de structurer le milieu par étapes afin de créer des conditions où l'élève peut explorer, expérimenter et construire ses *représentations mentales* de la situation. Ce milieu peut être enrichi au fur et à mesure par des ressources (ici, miniatures, photos, internet, puis instruments de mesure et calculatrice). Cet enrichissement du milieu favorise la dévolution en rendant la situation plus porteuse de sens et plus propice à l'émergence d'une prise en charge autonome par l'élève.

Si on souhaite que les mathématiques deviennent pour les élèves un outil de compréhension du monde, il ne faut pas restreindre leur enseignement à des problèmes déjà mathématisés comme souvent rencontré dans les cours de mathématiques. En même temps, il faut aussi reconnaître que la mise en œuvre des situations extra-mathématiques s'avère complexe. D'une part, les contraintes institutionnelles réduisent de manière conséquente le temps qui est nécessaire pour l'implémentation de ces situations et, d'autre part, les enseignants peuvent se retrouver démunis face à ce type de

situations concernant l'étayage à apporter aux élèves et les institutionnalisations liées à la modélisation comme objet d'enseignement.

RÉFÉRENCES

- Blum, W. et Leiss, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? Dans C. Haines, P. Galbraith, W. Blum et S. Khan (dir.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics* (p. 222-231). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857099419.5.221>
- Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 86-95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique et le concept de milieu : dévolution. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 309-336.
- Israel, G. (1996). *La mathématisation du réel : essai sur la modélisation mathématique*. Seuil.
- Schukajlow, S., Kaiser, G. et Stillman, G. (2023). Modeling from a cognitive perspective : Theoretical considerations and empirical contributions. *Mathematical Thinking and Learning*, 25(3), 259-269. <https://doi.org/10.1080/10986065.2021.2012631>
- Vorhölter, K., Greefrath, G., Borromeo Ferri, R., Leiß, D. et Schukajlow, S. (2019). Mathematical modelling. Dans H. N. Jahnke et L. Hefendehl-Hebeker (dir.), *Traditions in German-speaking mathematics education research* (p. 91-114). Springer International. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11069-7_4
- Yvain-Prébiski, S. (2021). Didactical adaptation of professional practice of modelling: A case study. Dans F. K. S. Leung, G. A. Stillman, G. Kaiser et K. L. Wong (dir.), *Mathematical modelling education in East and West* (p. 305-315). Springer International. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66996-6_26

ANNEXE 1: L'ÉNONCÉ DE LA SITUATION



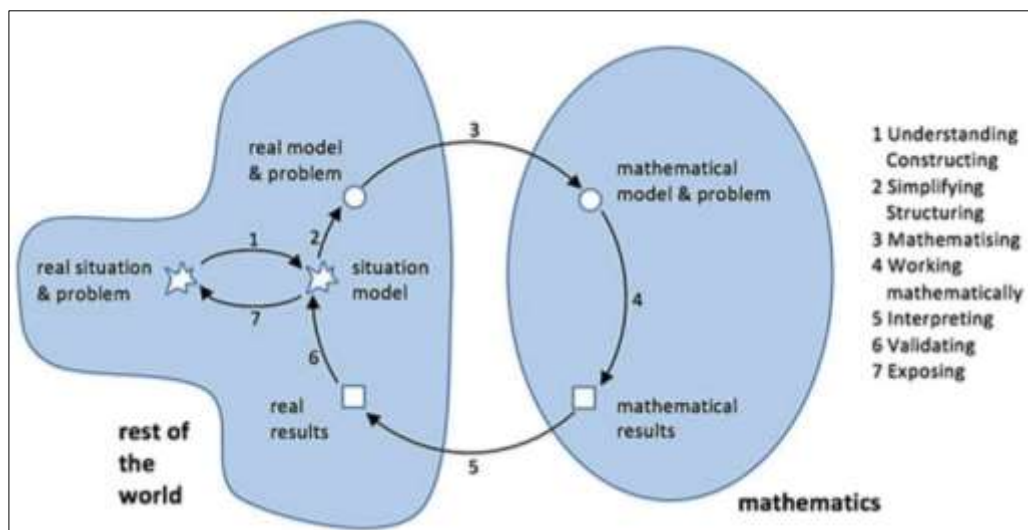
On a acheté un modèle réduit de la tour Eiffel de 30 cm de haut, fabriqué dans la même matière que la tour Eiffel (fer puddlé, le métal choisi pour la charpente métallique). On constate qu'il n'est pas vraiment fidèle à son original (ne contient pas autant de détails, n'est pas aussi aérien,...).



Comment l'expliquer ?

Serait-il possible de construire une miniature fidèle à l'original ?

ANNEXE 2 : CYCLE DE MODÉLISATION



(Blum et Leiss, 2007, p. 225)

ANNEXE 3 : DIAGRAMME DÉCRIVANT LE PROCESSUS DE MODÉLISATION (YVAIN-PRÉBISKI, 2021, p. 309)

