Une activité de formation pour assimiler le processus de modélisation

Charlotte BERTIN[60]
Université Claude Bernard Lyon 1 (France) et HEP Fribourg (Suisse)

Résumé. La modélisation mathématique est présente dans les programmes officiels français et suisses. Cependant, des études ont montré le besoin de formation sur ce sujet. Dans le cadre d'un doctorat, nous proposons d'étudier les apports d'une formation qui consiste à créer un Escape Game travaillant la modélisation mathématique. Au sein de cette formation, nous souhaitons trouver un moment pour appréhender et comprendre le processus de modélisation tout en entrant dans la dimension ludique, avant de débuter la conception d'un jeu à destination des élèves. Dans l'atelier, nous proposons de tester une telle activité qui consiste à concevoir une énigme en se référant à une partie du cycle de modélisation. Un scénario prenant appui sur les séries policières où il faut trouver le coupable, le mobile, l'arme et le lieu est mis en place pour guider les participants. Le texte reprend le contexte de l'atelier, son déroulement et un retour réflexif sur cette activité.

Mots-clés. Modélisation, Escape Game, formation, primaire.

Abstract. Mathematical modeling is included in official French and Swiss curricula. However, studies have shown the need for training in this area. As part of a PhD thesis, we propose to study the contribution of a training program that consists in creating an Escape Game working on mathematical modeling. In this training course, we'd like to find a moment to grasp and understand the modeling process, while entering into the playful dimension, before starting to design a game for students. In the workshop, we propose to test such an activity, which involves designing a puzzle with reference to part of the modeling cycle. A scenario based on detective series, in which participants have to find the culprit, the motive, the weapon and the location, is set up to guide them. The text describes the context of the workshop, how it unfolded and a reflective review of the activity.

Keywords. Modeling, Escape Game, training, primary school.

Resumen. La modelización matemática figura en los planes de estudios oficiales franceses y suizos. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que existe una necesidad de formación en este campo. En el marco de un proyecto de doctorado, nos proponemos estudiar las ventajas de la formación en la creación de un Escape Game que utilice la modelización matemática. Como parte de este curso, queremos encontrar un momento para aprender y comprender el proceso de modelado, al tiempo que nos familiarizamos con la dimensión del juego, antes de empezar a diseñar un juego para los estudiantes. En el taller, proponemos ensayar dicha actividad, que consiste en diseñar un enigma haciendo referencia a parte del ciclo de modelización. Para guiar a los participantes se plantea un escenario basado en series policíacas en el que hay que encontrar al culpable, el móvil, el arma y el lugar. El texto describe el contexto del taller, cómo se desarrolló y una reflexión sobre la actividad.

Palabras clave. Modelización, Escape Game, formación, escuela

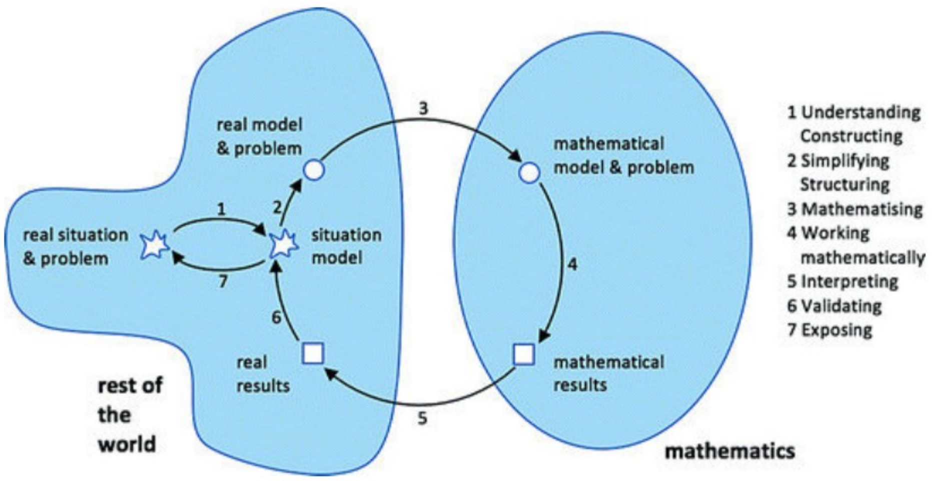
[60] Charlotte.bertin@edufr.ch

1. Contexte

La modélisation est une des six compétences mathématiques à développer à partir du cycle 2 selon les programmes français (MEN, 2019). Elle est identifiée à l'aide de plusieurs caractéristiques sous forme d'actions qui évoluent au fil des cycles (cf. annexe 1).

Nous pouvons constater que la modélisation prend son ancrage dans le concret (cycle 2) ou la vie quotidienne (cycle 3)[61]. Nous observons aussi une évolution des outils mathématiques à disposition. Au cycle 2, la compréhension des opérations en jeu (situation additive, multiplicative), la faculté à relever qu'une situation fait intervenir le partage ou le groupement, ainsi que la reconnaissance des formes géométriques sont mentionnées. Pour le cycle 3, s'ajoutent la reconnaissance des situations de proportionnalité et la possibilité de modéliser des situations réelles par des relations géométriques (alignement, parallélisme, perpendicularité et symétrie). Le mot « modéliser » semble être une action dans les caractéristiques de la modélisation que l'on appréhende comme un processus. Enfin, au cycle 4, l'utilisation de simulation numérique ou géométrique ainsi que la traduction en langage mathématique d'une situation réelle complètent les différentes caractéristiques avec la validation d'un modèle.

Cette compétence est encore étudiée notamment par le groupe international de modélisation mathématique et applications (ICTMA[62]). Les conférences associées à ce groupe permettent d'échanger et de publier sur les différents aspects de la modélisation notamment son apprentissage et son enseignement à tous les niveaux. Nous retiendrons notamment les quatre arguments en faveur de l'enseignement de la modélisation : pragmatique, formatif, culturel et psychologique (Blum, 1995). Ils mettent en avant l'importance de travailler la modélisation dans les écoles pour former les citoyens de demain. La thèse de Yvain-Prebiski (2018) reprend une partie de l'historique de ce groupe. Les différentes représentations et définitions de la modélisation ont aussi évolué au fil des années suivant les enjeux et objectifs de la modélisation (Maaβ, 2006). Dans notre recherche, nous proposons de nous appuyer sur la définition de Blum et Leiss (2007) qui considère la modélisation comme un processus partagé en plusieurs étapes (cf. Figure 1).



[61] En France, le cycle 2 correspond à des enfants de 6 à 9 ans et le cycle 3 à des enfants 9 à 12 ans.

[62] International Group for Mathematical Modelling and Applications

Figure 1 : Cycle de modélisation de Blum et Leiss (2007)

Nous remarquons ce passage entre deux « mondes » : celui de la vie courante (ou a minima d'un problème contextualisé) et le monde des mathématiques. Nous partons alors d'un problème issu d'une situation réelle et commençons par comprendre et construire une situation-modèle (étape 1). Par la suite, nous trions les différents paramètres afin de conserver les éléments qui seront utiles à la résolution de la situation initiale (étape 2). Les étapes suivantes consistent à mathématiser le problème (étape 3) et à utiliser les outils mathématiques adéquats pour le résoudre (étape 4). Les résultats mathématiques sont alors interprétés dans le contexte du monde réel (étape 5) puis validés (étape 6). Enfin, une dernière étape permet d'exposer les différents résultats obtenus pour revenir au point de départ (étape 7). Le cycle n'est pas nécessairement à suivre de manière linéaire et peut être répété si la solution apportée n'est pas satisfaisante.

Si le processus de modélisation est documenté dans différentes recherches et malgré sa présence dans les programmes, des études récentes, comme celle de Roussel (2022), montrent le besoin de formation sur ce sujet.

Dans un même temps, les Escape Games s'introduisent peu à peu dans le milieu éducatif depuis une dizaine d'années (Nicholson, 2015). Ces jeux consistent à résoudre des énigmes en un laps de temps limité pour réussir une mission (le plus souvent, s'échapper d'une salle). Des ressources apparaissent afin de guider les enseignants dans la mise en place de ces nouveaux dispositifs ludiques (Fenaert et al., 2019). Nous supposons alors qu'il est possible de travailler la modélisation en proposant une situation du jeu à la place d'une situation réelle. Les étapes proposées par Blum et Leiss (2007) sont alors inchangés, dans un premier temps, afin de pouvoir confronter cette représentation du monde réel avec celui du jeu.

Dans notre recherche, nous établissons une formation où les enseignants sont amenés à concevoir un Escape Game dont l'objectif est de travailler le processus de modélisation (en entier ou en partie) et étudions les apports éventuels d'un tel dispositif. En particulier, le travail de la modélisation dans un contexte de jeu est en cours d'analyse pour identifier les éventuels changements à opérer pour conserver l'essence de la modélisation. Une première formation avec ce format a été proposée à des enseignantes de fin de primaire en Suisse. Lors de la première rencontre, les enseignantes vivent un Escape Game contenant de la modélisation mathématique et reçoivent des éléments théoriques, dont le schéma de Blum et Leiss (Figure 1). Les représentations issues de PISA (2013) et Coulange (1997) sont aussi présentées afin d'identifier le processus sur plusieurs angles. Des problèmes, comme celui de la botte du géant (Wozniak, 2012) permettent d'illustrer le cycle. Néanmoins, ces éléments fournis au commencement de la formation ne sont pas particulièrement rediscutés par la suite. A la fin, un jeu a été créé et mis en place dans les classes de 7H et 8H[63]. Après analyse, le jeu ne permettait pas toujours de mettre en avant le processus de modélisation, ce qui était souhaité initialement. La nature des énigmes ne proposant que des solutions uniques a aussi été questionnée dans un second temps. Des caractéristiques des problèmes de modélisation comme l'ouverture ou encore l'authenticité ayant été cataloguées notamment par Wess et al. (2021). Nous supposons

[63]Les élèves de 7H et 8H en Suisse correspondent à des élèves de CM2 et 6[e] en France (donc 10 à 12 ans).

alors qu'il serait intéressant d'avoir un temps pour s'imprégner des différentes étapes lors de la formation pour obtenir un Escape Game travaillant la modélisation mathématique.

L'atelier permet de tester une activité de formation ayant pour objectif de s'approprier les étapes du processus de modélisation tout en créant des énigmes susceptibles d'être incluses dans un jeu. Elle n'a pas encore été proposée à des enseignants. La description du déroulement de l'atelier dans son ensemble est développée dans la deuxième partie.

2. *Description de l'atelier*

Nous avons commencé par une courte introduction reprenant le contexte de la recherche dans laquelle s'inscrit l'atelier. Afin de mieux s'emparer des différentes étapes du cycle de modélisation, nous proposons de créer un mini Escape Game où chaque énigme doit mettre en avant plus particulièrement une partie du cycle de modélisation. La mission principale est de découvrir le meurtrier (ou la meurtrière) de madame Aliénor, le mobile, le lieu et l'arme du crime. Les participants sont partagés en petits groupes et doivent créer une énigme permettant de découvrir un des quatre éléments cités ci-dessus. D'autre part, les concepteurs reçoivent également une partie du cycle de modélisation de Blum et Leiss (2007) afin de créer une énigme qui mette en valeur les étapes concernés. Cependant, nous n'empêchons pas que d'autres étapes du cycle puissent intervenir (ce qui semble inévitable) mais seulement qu'il y ait un accent plus fort sur certaines. Les énigmes sont alors indépendantes les unes des autres et sont portées par un scénario commun. Les participants tirent au sort un élément à faire découvrir. Par ailleurs, une partie du cycle (de modélisation) leur est donnée selon la répartition spécifique décrite dans le tableau suivant (Cf. Figure 2).

Elément à découvrir	Partie du cycle
Mobile	1. Comprendre la tâche 2. Simplifier / Structurer (trier des données)
Coupable	3. Mathématiser 4. Travailler mathématiquement
Lieu	5. Interpréter 6. Valider 7. Présenter
Arme	Adapter le modèle, initier l'idée d'un cycle qui se répète

Figure 2 : Tableau de répartition des éléments à découvrir et la partie du cycle

Pour inspirer les participants dans la création d'énigmes, nous avons proposé un scénario à l'aide des cartes du jeu Mysterium[64], des jeux Unlock[65] et du matériel Breakout EDU[66] autour d'une thématique reprenant les codes des séries policières (cf. Figure 3).

Figure 3 : Matériel à disposition pour concevoir les énigmes

Les participants peuvent s'aider ou non du matériel à disposition. La résolution des énigmes ne doit pas prendre plus de cinq minutes et il est possible de laisser des indices ou des aides à disposition. Nous prenons alors appui sur la théorie des situations de Brousseau (1998) où les énigmes peuvent être assimilées à des situations a-didactiques comportant un milieu antagoniste. L'objectif d'apprentissage étant l'assimilation d'une ou plusieurs étapes du cycle. Cela a conduit à quatre énigmes décrites ci-dessous, que chaque groupe a pu faire tester aux autres participants. Le niveau concerné n'a pas été défini au préalable, l'idée de cette activité étant avant tout de questionner son potentiel pour des formations et non pas nécessairement de proposer des énigmes adaptées aux élèves. Nous supposons que ce travail de création, obligera les participants à s'interroger sur les différentes étapes du cycle et à examiner les spécificités de chacune d'entre elles. Ainsi, au lieu de présenter un schéma de manière transmissive, nous essayons de mettre en pratique certaines étapes tout en découvrant l'univers du jeu.

[64] https://www.libellud.com/nos-jeux/mysterium/. L'objectif est de trouver le coupable, le mobile, le lieu et l'arme du crime.

[65] https://www.spacecowboys.fr/unlock. Ce jeu offre la possibilité de réaliser un Escape Game seulement à l'aide de cartes.

[66] https://www.breakoutedu.com/. L'entreprise propose une panoplie de cadenas, boites et autres matériels pour les concepteurs d'Escape Game notamment dans le cadre scolaire.

Le mobile

Le groupe travaillant sur le mobile a presque immédiatement pensé à l'argent. Les conceptrices sont parties sur l'idée de dissimuler le mot argent en utilisant une symétrie mais elles n'arrivaient pas à justifier le fait qu'on travaille la compréhension ou la structure avec le tri de données. Elles ont donc ajouté un temps supplémentaire afin de faire deviner le mot miroir. Elles proposent un milieu comportant un matériel plus conséquent au départ (une pile de cartes notamment). Ainsi, il est essentiel de pouvoir trouver ce qui est nécessaire à la résolution en faisant des liens avec les différents éléments. Pour débuter, une enveloppe indique le nombre 25, il faut alors prendre la carte avec le numéro correspondant. Dans cette même enveloppe, se trouvent des bouts de papier où sont inscrits les éléments présents sur la vingt-cinquième carte et un point d'interrogation. Il faut alors trouver l'objet présent sur cette carte qui n'est pas déjà mentionné sur les autres papiers : le miroir. A l'aide de cet indice, les joueurs peuvent alors résoudre l'énigme qui permet de découvrir le mot argent. Nous remarquons sur la photo (Figure 4), une petite erreur avec le « E » d'argent, une barre est reportée au même endroit.

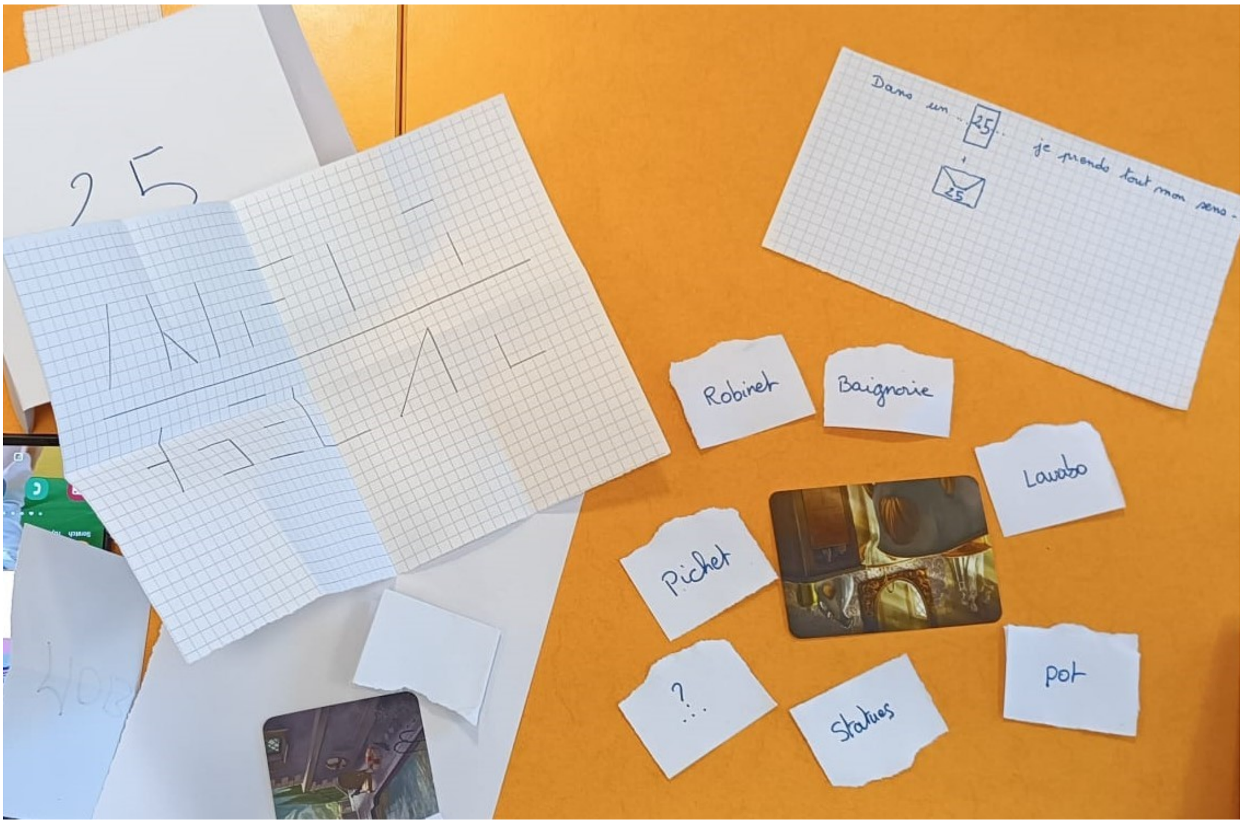


Figure 4 : Énigme du mobile

Le ou la coupable

Le groupe a rapidement pensé à choisir le coupable parmi les participants. Au départ, ils souhaitaient se servir des cartes à disposition (qui sont numérotées), faire des groupes de deux cartes et donner l'idée de multiplier les nombres pour avoir l'âge du coupable. Certaines cartes ne permettant pas d'obtenir la réponse. Par exemple, les cartes 2 et 5 amènent à trouver une personne de 10 ans, ce qui n'est pas possible dans le groupe de personnes concernées, il faut donc poursuivre le cheminement. Ils ont finalement opté pour une autre démarche en utilisant une indication pour désigner une personne (« il va fêter son prochain anniversaire dans un petit peu plus de 8 mois »). Ils ont demandé le nom, le jour et le mois de naissance de chaque participant. Le document a été déposé dans un coffre avec l'indice pour trouver la personne. La combinaison du cadenas étant la date du jour (26 mai). Le mot « il » dans l'indication a suscité un questionnement pour savoir si c'était un indice ou un pronom neutre, le coupable étant, dans notre cas, une femme.

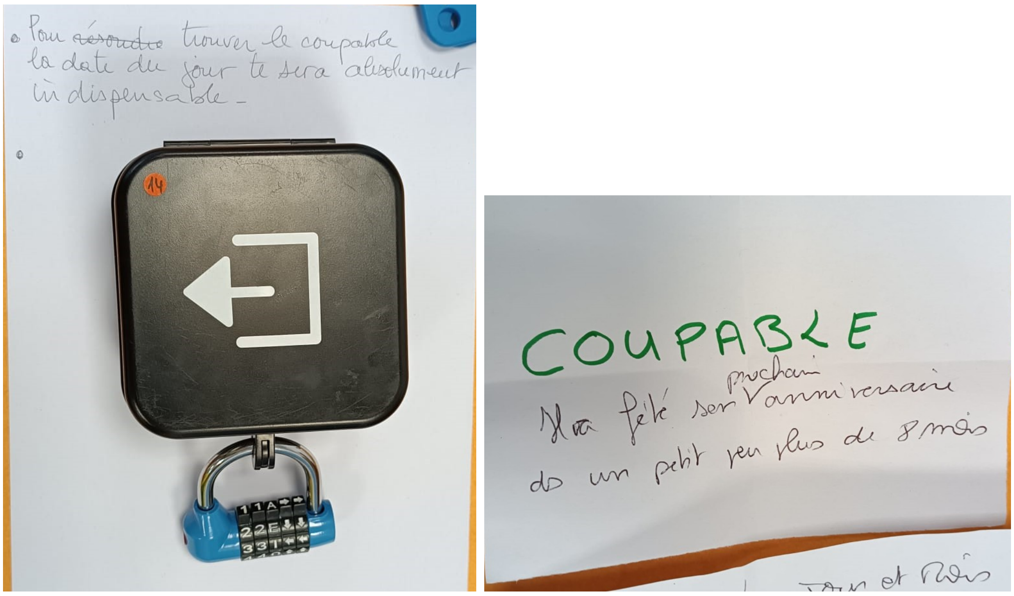


Figure 5 : Énigme du coupable

Le lieu

Le groupe a rencontré quelques difficultés à démarrer et nous avons proposé de réfléchir au fait que le modèle mathématique peut déjà être posé et qu'il faut trouver le moyen de valider la réponse dans le monde du jeu. Ils sont alors partis sur la géométrie et grandeurs et mesures, en proposant des indications pour trouver la pièce où s'est déroulé le crime (cf. Figure 5). La précision étant de rigueur pour trouver la solution.

Les indications étaient les suivantes :

Le chat, au centre de la cuisine, a pu voir le meurtre,
La poupée adossée à la fenêtre de la chambre également,
Le meurtre a eu lieu plus près du centre de la baignoire que du centre du salon.

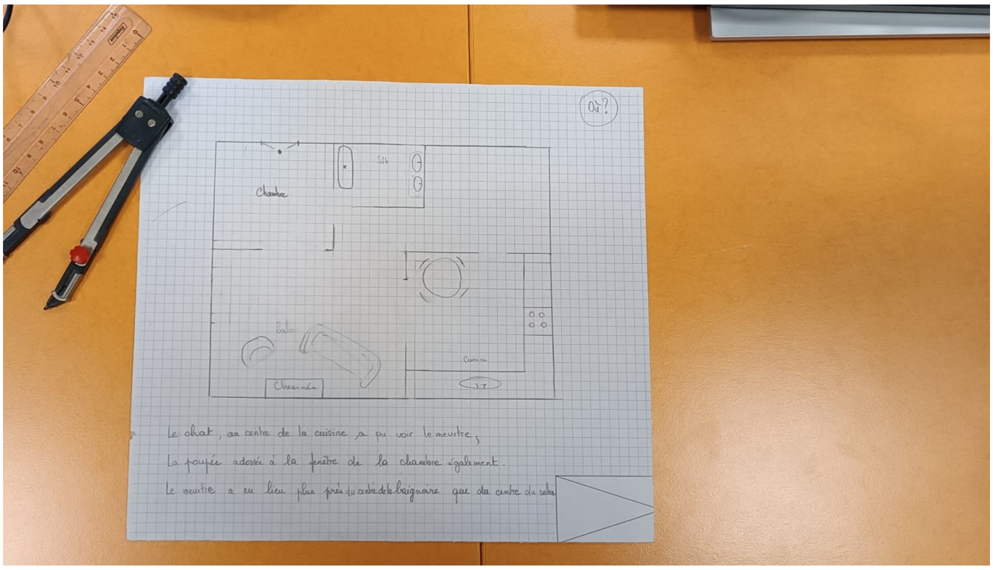


Figure 6 : Énigme du lieu

L’arme

Le groupe a proposé un ensemble de témoignages qui comportent plus ou moins de précisions, qui peuvent indiquer plusieurs possibilités voire induire en erreur. En reliant tous les indices, l’arme du crime peut être dévoilée. Une discussion a été menée autour du domaine mathématique touché ainsi que de la mise en valeur de l’adaptation du modèle. Les participants ont alors justifié le fait que la logique mathématique permettait d’affiner le modèle à l’aide des différents récits des protagonistes fictifs. Quelques exemples de témoignages : « je n’ai rien entendu car je dormais ! » ; « il y avait tellement de bruit que cela m’a réveillé » (cf. Figure 6).

Figure 7 : Énigme de l’arme

3. Retours et conclusion

A la suite de l'annonce de la consigne, plusieurs participants ont été déstabilisés. En effet, la plupart des personnes présentes n'ont jamais eu l'occasion de créer des énigmes et la contrainte des étapes du cycle de modélisation a complexifié l'exercice. De plus, ils ne sont pas nécessairement familiers de la pratique des Escape Games. Nous avons donc apporté des précisions notamment sur l'autonomie des joueurs et les rétroactions apportées par le milieu. Les concepteurs n'étant pas présents pendant la résolution, il fallait également penser à mettre une aide en cas de besoin.

Cet aspect déstabilisant a plutôt été perçu de manière positive et l'activité a donné confiance pour se lancer dans la conception de nouvelles énigmes dans le futur. Le lien avec le processus de modélisation n'étant pas facile pour les participants, cela a nécessité un temps d'échange qui a permis d'éclaircir la signification de certaines parties du cycle de modélisation. Les interrogations portant sur la signification des différentes étapes et leur opérationnalisation. Les discussions ont amené à préciser les différents termes mais aussi à identifier les possibles éléments du milieu. Par exemple, les premières étapes du cycle impliquent un milieu riche ou plutôt bien fourni afin d'avoir la possibilité d'identifier les éléments importants pour la résolution. A l'inverse, les dernières étapes n'ont pas besoin d'inclure la mise en place d'un modèle mathématique.

Nous souhaitions que l'activité permette d'assimiler le processus de modélisation tout en commençant à concevoir des énigmes au sein d'un jeu. Les retours des participants ont confirmé que cette mise en pratique permet de se pencher sur ce schéma et sur les différentes étapes. Cependant, ils ont également indiqué qu'une telle activité ne semble pas convenir pour un début de formation. Un apport théorique et une réflexion préalable semblent nécessaires. Par ailleurs, nous n'avons pas eu le temps de débriefer pendant l'atelier. Pourtant, c'est une phase qui apparaît comme essentielle pour mettre en lumière ce qui a été travaillé pendant le jeu. Cette activité peut donc amener une réflexion sur la manière de mettre en valeur des parties du cycle de modélisation et donner confiance dans la création d'énigmes. Néanmoins, elle ne permet *a priori* pas, de concevoir un problème comportant l'ensemble des étapes. De plus, la modélisation ainsi définie par Blum et Leiss (2007), débute par une situation réelle ou prenant appui sur des références factuelles non mathématiques (Wess et al., 2021). Or dans notre situation, c'est le monde du jeu qui est au commencement. L'ouverture d'un cadenas permet de résoudre un problème du jeu mais il ne peut pas nécessairement être similaire à une situation réelle. Cette différence peut être source de changements dans la définition de la modélisation mathématique au sein du jeu. D'autres critères ou étapes peuvent éventuellement être nécessaires pour conserver les particularités du processus comme la mise en place d'un modèle mathématique.

Dans la suite du projet de recherche, une deuxième formation est prévue à l'automne 2023 où cette activité sera peut-être donnée aux participants de manière adaptée. La réflexion autour de la différence entre le monde réel et le monde du jeu est en cours pour préciser le processus de modélisation dans ce cas particulier.

Références bibliographiques

Blum, W. (1995). Applications and Modelling in mathematics teaching and mathematics education: some important aspects of practice and of research. *Advances and perspectives in the teaching of mathematical modelling and applications*, p.1-20.

Blum, W., & Leiss, D. (2007). *How do Students and Teachers Deal with Mathematical Modelling Problems? The Example "Sugarloaf"*. ICTMA 12, Chichester.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des Situations Didactiques*. La pensée sauvage Grenoble.

Coulange, L. (1997). Les problèmes « concrets » à « mettre en équation » dans l'enseignement. *Petit x*, *47*, 33-58.

Fenaert, M., Nadam, P., & Petit, A. (2019). *S'capade pédagogique avec les jeux d'évasion — Apprendre grâce aux escape games* (Ellipses).

Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38(2), p.113-142

Nicholson, S. (2015). *Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities*. http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf

OECD (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en

Roussel, V. (2022). *La modélisation en mathématiques. Historicité, épistémologie et perspectives institutionnelles internationales : Quels besoins pour les enseignants de mathématiques ?* [Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1].

Wess, R., Klock, H., Siller, H.-S., & Greefrath, G. (2021). *Measuring Professional Competence for the Teaching of Mathematical Modelling : A Test Instrument*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78071-5

Wozniak, F. (2012). Modélisation et démarche d'investigation. *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21e siècle - Actes du colloque EMF2012*, GT10, pp 1464-1475. http://www.emf2012.unige.ch/index.php/actes-emf-2012

Yvain-Prébiski, S. (2018). *Etude de la transposition à la classe de pratiques de chercheurs en modélisation mathématique dans les sciences du vivant. Analyse des conditions de la dévolution de la mathématisation horizontale aux élèves.* [Thèse de doctorat, Université Montpellier].

MEN. (2019). Programme de français, de mathématiques et d'enseignement moral et civique du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4). https://www.education.gouv.fr/bo/19/Hebdo22/MENE1913283N.htm

MEN. (2020a). Programme d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2). Annexe 1. BO n°31 du 30-07-2020. https://eduscol.education.fr/84/j-enseigne-au-cycle-2

MEN. (2020b). Programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3). Annexe 2. BO n°31 du 30-07-2020. https://eduscol.education.fr/document/50990/download

MEN. (2020c). Programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 4). Annexe 3. BO n°31 du 30-07-2020. https://eduscol.education.fr/document/621/download

Annexe 1

Caractéristiques de la modélisation – programme français

Le tableau prend appui sur les programmes des cycles 2, 3 et 4 (MEN, 2020a, 2020b, 2020c).

Cycle	Cycle 2 (CP-CE1-CE2)	Cycle 3 (CM1-CM2-6^e)	Cycle 4 (5^e – 4^e – 3^e)
Caractéristiques de la modélisation	- Utiliser des outils mathématiques pour résoudre des problèmes concrets, notamment des problèmes portant sur des grandeurs et leurs mesures. - Réaliser que certains problèmes relèvent de situations additives, d'autres de situations multiplicatives, de partages ou de groupements. - Reconnaitre des formes dans des objets réels et les reproduire géométriquement.	- Utiliser les mathématiques pour résoudre quelques problèmes issus de situations de la vie quotidienne. - Reconnaitre et distinguer des problèmes relevant de situations additives, multiplicatives, de proportionnalité. - Reconnaitre des situations réelles pouvant être modélisées par des relations géométriques (alignement, parallélisme, perpendicularité, symétrie). - Utiliser des propriétés géométriques pour reconnaitre des objets.	- Reconnaître des situations de proportionnalité et résoudre les problèmes correspondants. - Traduire en langage mathématique une situation réelle (par exemple à l'aide d'équations, de fonctions, de configurations géométriques, d'outils statistiques). - Comprendre et utiliser une simulation numérique ou géométrique. - Valider ou invalider un modèle, comparer une situation à un modèle connu (par exemple un modèle aléatoire).