ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE DANS UN CONTEXTE D'EXPOSITION AVEC MANIPULATIONS D'OBJETS : UTOPIE OU RÉALITÉ ?

DA RONCH* Mickael

Résumé– Notre travail a pour but de voir s'il est possible de transposer l'activité mathématique du chercheur, à l'aide d'exposition avec manipulations d'artefacts, tout en minimisant la présence du médiateur. Pour ce faire, nous proposons quatre situations issues de la fédération de recherche *Maths à modeler* et de la *Grange Vadrouille* que nous mettons en avant lors d'une exposition au sein de l'institution scolaire (collège). Ceci dans le but de mesurer l'activité mathématique produite par un élève.

Mots-clefs : problème, activité mathématique, médiation, exposition, artefact

Abstract –This work aims to see if it is possible to transpose the mathematical research activity using artifact manipulation exposure to minimize the presence of a mediator. To that end, we propose four problems from the federation of research "*Maths à modeler*" as well as "*la Grange Vadrouille*" that we put them forward during a manipulation exhibition executed in a school institution (middle school). This in order to measure the mathematical activity of the student.

Keywords : problem, mathematical activity, mediation, exhibition, artifact

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'équipe Combinatoire et Didactique de l'Institut Fourier et notamment en lien avec le projet de centre culturel *la Grange des Maths* (Da Ronch, 2018a). Cet article est centré sur la partie théorique d'une étude bien plus abondante dont nous donnons les esquisses dans ce texte.

I. INTRODUCTION

De nombreux centres culturels autour des sciences et des mathématiques ont déjà vu le jour, comme : *Le Palais de la découverte* à Paris, *Le Vaisseau* à Strasbourg, la *Maison des mathématiques et de l'informatique* à Lyon, Le *MoMath* à New York ou encore le *Mathematikum* à Giessen en Allemagne et bien d'autres. Des projets ambitieux sont actuellement en pourparlers concernant la création de centre culturel ou maison de mathématiques en France, comme le centre culturel de la *Grange des maths* à Varces près de Grenoble (2020) ainsi que le projet de *Maison des mathématiques* à l'Institut Henri Poincaré à Paris (2020). Ces différentes institutions culturelles se rejoignent sur de nombreux points. Tout d'abord, elles se défendent de démocratiser les mathématiques, les rendre accessibles à tous dans le but de lutter contre l'élitisme social qui crée de fortes disparités de nos jours. Cependant les expositions ou ateliers mis à disposition d'un public dans ces institutions culturelles n'ont peut-être pas forcément les mêmes objectifs pour traiter ces idées fondatrices. En effet, elles peuvent avoir des buts différents comme observer, manipuler ou jouer avec des objets en lien avec des mathématiques sans réelle intention didactique. Elles peuvent aussi avoir un réel enjeu en termes d'activité mathématique pour un sujet. Nous nous intéressons spécifiquement à ce type d'exposition où l'enjeu didactique est clairement de favoriser la production d'une activité mathématique. Le fait de ne pas avoir cet enjeu semble assez réducteur sur la nature même de l'activité mathématique. C'est donc pour cela que nous nous plaçons dans le cadre d'une exposition avec une réelle intention d'apprentissage.

* Institut Fourier, Université Grenoble Alpes – France – mickael.da-ronch@univ-grenoble-alpes.fr

L'exposition a pris effet durant quinze jours au mois d'avril 2018. Il y a eu plusieurs situations mathématiques proposées et elles étaient toutes associées à différents objets matériels afin de donner le caractère expérimental des mathématiques (Da Ronch, 2018a).

Dans cet article, on s'intéressera dans un premier temps à l'aspect de la communication. C'est-à-dire : savoir ce que nous voulons communiquer à travers cette exposition ? Nous tâcherons de répondre aux questions suivantes : à qui est destinée cette exposition ? Pourquoi avons-nous choisi ce type d'exposition ? Qu'est-ce que nous voulons faire ? Nous nous intéresserons par la suite à l'aspect de la problématisation et plus exactement nous définirons la notion de problème en mathématiques dans notre contexte. Dans un second temps, on s'intéressera à l'aspect de la médiation scientifique, puis on présentera quelques éléments d'analyse et de méthodologie de recherche concernant les situations expérimentées. On finira cet article par un bilan succinct donnant place à l'ouverture d'autres questions de recherche.

II. PROBLEMATISATION

1. Contexte, déroulement et problématique de l'étude

Comme nous l'avons précédemment annoncé notre recherche s'inscrit dans le cadre de l'équipe combinatoire et didactique rattachée à l'Institut Fourier et en lien avec le projet de centre culturel *la Grange Des Maths*. Mais en fait, la *Grange Des Maths*[1] qu'est-ce que c'est exactement et à qui sont destinées les activités proposées ?

Tout d'abord ce projet de centre culturel répond à plusieurs attentes, d'une part démocratiser les mathématiques afin de les rendre accessibles à tous quels que soient l'âge, l'origine sociale, le parcours scolaire. Ce projet se veut à l'opposé de l'élitisme social et de la sélectivité par les sciences. Il veut offrir l'opportunité à chacun de pouvoir découvrir les mathématiques de façon ludique et réfléchir également à *l'aide des mains*. L'association propose également des activités itinérantes nommées *la Grange Vadrouille*. Elles sont destinées à un public scolaire (collège, lycée) dans le but de faire vivre les mathématiques à travers des activités liant manipulations d'objets et activités réflexives sur différentes thématiques comme la logique, la géométrie ou encore le numérique. Tout cela en proposant des problèmes[2]. Les activités proposées ont été conçues pour laisser place à l'autonomie des élèves dans le but de les faire travailler seuls ou en petits groupes. Les ateliers sont en général installés dans un endroit assez grand comme le CDI d'un établissement qui reste ouvert durant une à deux semaines. Chaque activité est dotée d'une fiche pédagogique qui est mise à disposition des enseignants, cela permet de détailler l'activité, les notions mises en jeu, ainsi que quelques éléments didactiques, scientifiques et/ou historiques. Les activités sont présentées sous forme de matériel à manipuler et d'un panneau de consigne en grand format. Comme ces situations ont été pensées pour mettre les élèves en situation autonome de recherche, le but de ce travail est donc d'essayer de répondre à la problématique suivante :

---

[1] https://www.la-grange-des-maths.fr/

[2] A prendre au sens large du terme, nous le définirons précisément par la suite.

Dans un cadre institutionnel scolaire donné et en situation adidactique d'action, est-il possible de transposer l'activité mathématique du chercheur, lors d'exposition avec manipulations d'artefacts en lien avec un problème ou casse-tête proposé ?

Pour répondre à cette problématique, nous nous posons deux questions fondamentales pour notre travail, qui nous amènent à formuler une première hypothèse de recherche.

- $\mathbf{Q_1}$: Ces situations favorisent-elles l'entrée dans une démarche expérimentale pour un élève ? Quels sont les critères C_i préétablis qui sont vérifiés dans ces situations ?

A ce stade et étant données les analogies entre la définition de la démarche expérimentale (Giroud, 2011) et les catégories d'action décrites par Gandit (Lepareur, Gandit & Grangeat, 2017), on peut émettre l'hypothèse de recherche suivante :

Nous pensons *a priori*, que si la situation favorise l'entrée dans une démarche expérimentale, il peut y avoir production d'une activité mathématique chez un élève.

La deuxième question se porte alors naturellement sur l'activité mathématique de l'élève.

- $\mathbf{Q_2}$: Cette exposition présentant différentes situations permet-elle la production d'une activité mathématique chez un élève ? Si oui, comment préciser cette activité et quelles sont les connaissances réellement perçues du point de vue du chercheur ?

Pour répondre à cette dernière, il nous semble légitime d'analyser les différentes stratégies possibles pour répondre complètement ou de manière partielle à un problème afin de dégager les actions produites chez l'élève.

2. Qu'est-ce qu'un problème ?

Le cœur de l'activité mathématique est de résoudre des problèmes car c'est le but ultime d'un mathématicien, mais également d'en proposer de nouveaux. Le fait de répondre à une partie du problème n'est qu'une partie du travail d'un mathématicien, il ne faut pas négliger l'importance de se poser les bonnes questions, ceci, du point de vue de Brousseau semble aussi important que trouver la bonne solution. Dans notre contexte, c'est la démarche expérimentale qui va nous intéresser. Comme le montre Giroud (2011) dans son travail de thèse, cette démarche permet d'« avancer » dans la résolution d'un problème mathématique. On peut alors se poser naturellement la question d'une définition possible du terme : problème. Dans notre travail, nous considérons un problème comme un couple formé d'une question de portée générale et d'instances au sens de Giroud (2011). *A contrario* d'un casse-tête que nous définissons comme un problème déjà instancié sur des cas particuliers, dont le seul raisonnement pour le résoudre tient du jeu par essai-erreur. Bien évidemment d'autres raisonnements interviennent mais du côté du concepteur.

Dans notre travail, nous allons considérer quatre situations présentant des problèmes ou casse-tête au sens où nous les avons définis précédemment comme :

- *les Carrés insécables ;*
- *les tours de Hanoï ;*
- *les Chemins de dominos ;*
- *le pavage d'une cuisine par des dominos.*

Nous présentons ci-dessous de manière non exhaustive les quatre situations proposées aux élèves lors de l'exposition. Elles sont extraites de la *Grange Vadrouille : les Carrés insécables* et *les tours de Hanoï* ainsi que de la fédération de recherche *Maths à modeler* pour *: les Chemins de dominos* et le *pavage d'une cuisine par des dominos.*

3. *Exemples des situations exposées*

Pavage d'une cuisine par des dominos — Nous voulons paver le sol d'une cuisine avec des dominos (deux cases) et un espace laissé libre (une case hachurée) pour poser un évier. On propose plusieurs configurations dans le cas particulier d'une cuisine de taille 5×5.

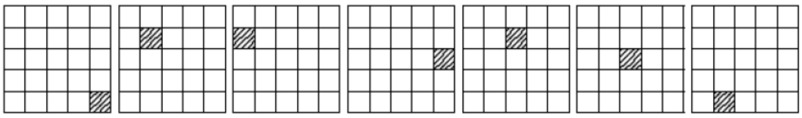

Figure 1 – *Sept grilles et un lavabo (case hachurée) posé dans différentes configurations*

Questions : Parviendrez-vous à paver entièrement votre cuisine quelle que soit la case laissée disponible ? Et en changeant la taille de la cuisine ?

Chemins de dominos — On donne trois paquets de dominos dans les configurations suivantes :

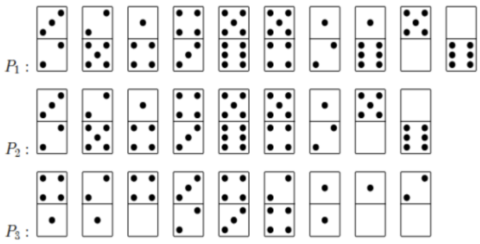

Figure 2 *– Trois paquets de dominos*

Questions : pouvez-vous faire un chemin avec ces dominos (pour chacun des paquets) ? Pourquoi pas une boucle ? Même en partant d'un 4 ?

Carrés insécables — On veut remplir une grille carrée avec des pièces carrées, de telle manière qu'il n'existe aucune droite coupant le grand carré dans toute sa longueur, ni horizontalement, ni verticalement. Vérifier sur cet exemple que toutes les lignes horizontales ou verticales rencontrent l'un des carrés.

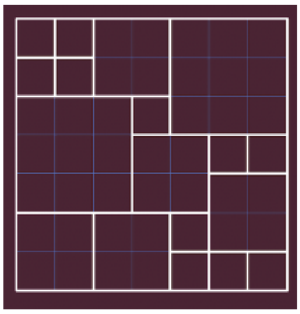

Figure 3 *– Exemple de carré insécable extrait de livret professeur de la Grange Vadrouille*

Question : Essayer avec d'autres tailles de grilles. Existe-t-il toujours une solution ?

Tours de Hanoï – Les règles du jeu sont les suivantes :

- Déplacer un seul disque à la fois : le plus haut de la pile.

- On peut utiliser les trois poteaux de la planche pour poser les disques
- Un disque ne doit jamais être placé sur un disque plus petit.

***Figure 4** : Configuration de départ à gauche et configuration d'arrivée à droite*

Question : Essayer d'abord avec seulement 4 disques. Combien de coups sont nécessaires pour y arriver ? Et avec 6 disques ?

Ces quatre situations possèdent toutes au moins une question et différentes instances. Les Carrés insécables et le pavage de la cuisine par des dominos commencent par un problème instancié, puis se prolongent vers un problème de portée générale. Tandis que les tours de Hanoï et les Chemins de dominos sont des casse-têtes, puisqu'ils sont présentés sous une forme déjà instanciée sans question générale et font intervenir *a priori* uniquement des stratégies par tâtonnements. Les raisonnements différents de celui du tâtonnement ou essai-erreur sont cependant mis en place du côté du concepteur du casse-tête. On peut alors naturellement émettre une autre hypothèse qui découle de la définition que nous avons donnée d'un casse-tête. Celui-ci ne semble donc pas favoriser *a priori* la production d'une activité mathématique chez un sujet à cause de la singularité du raisonnement utilisé pour le résoudre.

III. MEDIATION AUTOUR D'EXPOSITION

D'après Peyrin (2012), la médiation dans les musées regroupe l'ensemble des services d'accompagnement des visiteurs comme par exemple les visites guidées, les conférences, ou encore les ateliers et expositions. Cette définition se veut assez pragmatique mais elle peut encore s'étendre de façon plus idéaliste comme le souligne F. Contenot ou encore D. Jacobi :

> Au musée, la médiation sert d'intermédiaire entre le lieu, l'objet et le public. Elle participe à la fois à la mise en valeur des collections et à l'accompagnement du visiteur. Elle assure également une mission d'éducation informelle et s'intègre dans une démarche de partage du savoir. La médiation encourage l'observation et la prise de position du visiteur, de manière à l'amener à l'autonomie et à l'approfondissement. (Contenot, 2011, p. 11)

> la médiation correspond à toutes les formes d'interventions à caractère culturel organisées à l'attention des visiteurs. Elle est médiation dans la mesure où elle se situe entre le patrimoine et les publics avec la volonté de contribuer aussi bien à favoriser le moment de plaisir de la découverte ou un temps de délectation, qu'à faciliter le travail d'application de connaissance. (Jacobi, 1999)

Ces définitions faites par Contenot et Jacobi, peuvent s'étendre sans perte de généralité à notre exposition, puisque celle-ci est en lien avec le projet de centre culturel qui partage ces différents points de vue. Le but de notre exposition est de donner l'envie au sujet de faire des mathématiques tout en manipulant et en s'amusant. Et de ce fait, démystifier les idées reçues de cette discipline, afin de rendre la rencontre entre l'objet manipulable et les sujets, ludique. Le but étant de lutter contre l'élitisme social de cette discipline, la médiation peut, de ce fait aider et rassurer le public non expert, en donnant des contenus accessibles au plus grand nombre. Nos propos rejoignent en tous points les idées de Contenot :

> Le but principal de la médiation en musée ou en bibliothèque est avant tout celui de la transmission des connaissances. Provoquer, rendre possible la rencontre entre l'objet original et le public, qu'il soit visiteur ou usager. Elle contribue également à démocratiser l'accès à la culture, en sensibilisant aux valeurs culturelles et patrimoniales, en encourageant la découverte et en facilitant l'accès universel à

> l'information. Dans les deux types d'institutions -- musées et bibliothèques --, la médiation permet aussi de rassurer les publics, en particulier les plus éloignés des univers culturels, en rendant les biens culturels plus accessibles par une démystification des lieux, en donnant du sens aux collections par des discours compréhensibles par tout un chacun et enfin en assurant l'accompagnement vers la connaissance par le développement d'interventions attractives et conviviales (Contenot, 2011, p. 11).

Enfin il semble évident qu'un musée ou une exposition sans médiation n'a guère de sens, on peut reprendre la comparaison employée par Aurélie Henry :

> Le musée sans médiation ressemble à un buffet sans couverts : certains audacieux vont manger à pleines mains mais la plupart ne vont pas oser y goûter et vont être frustrés devant tant de plats appétissants hors de leur portée. Les outils de médiation doivent fournir les couverts : les informations nécessaires à une expérience agréable et enrichissante. (Henry, 2010)

Les quatre situations présentées à la section précédente respectent bien cet outil de médiation puisque chaque fiche descriptive de l'activité est accompagnée d'un ensemble d'artefacts manipulables qui va permettre, du moins essayer de répondre au problème et donc d'éviter cette frustration qui peut laisser penser que ce type de problème est hors de leur portée.

Dans l'article de Contenot (2011), on peut distinguer deux types de médiation : *la médiation directe* et *la médiation indirecte*. La médiation indirecte s'effectue sans présence de médiateur humain du moins physiquement, puisque la médiation se réalise à travers plusieurs médias comme des panneaux descriptifs, du matériel à manipuler qui sont nécessairement façonnés par l'homme, d'où le terme de médiation indirecte. Celle-ci correspond parfaitement avec ce que nous voulons observer, à savoir l'activité mathématique d'un sujet via un dispositif d'expositions avec manipulations en médiation indirecte. Ce type de médiation s'explique par le fait que les activités proposées que nous mettons en avant se veulent assez explicites et formulées de façon à ce que le jeune public puisse travailler en autonomie, donc *a priori* sans intervention d'une tierce personne, du moins c'est ce que par exemple la *Grange Vadrouille* soutient. Cependant, dans notre contexte d'étude et au vu du dispositif que nous avons mis en place, il n'a pas été possible de favoriser au sens *stricto sensu* ce type de médiation car les contraintes institutionnelles (gestion du groupe, organisation spatiale et temporelle) ne le permettaient pas. Il a dû falloir revoir le type de médiation à mettre en jeu et se pencher notamment sur la médiation de type direct qui « implique la présence physique du médiateur », tout en minimisant la présence de celui-ci, afin d'être au plus proche de ce que l'on voulait observer au départ. Nous nous sommes donc intéressés à la médiation de type direct « en position retrait » qui semble le plus proche de ce que nous voulons observer. Ce type de dispositif peut être finement analysé grâce à la Théorie des Situations Didactiques de Brousseau (1998) et notamment en faisant le lien avec les situations adidactiques d'action. Les différents supports faisant intégralement partie du milieu doivent être assez riches, prégnants et proposer diverses formes pour conquérir et être accessibles par un maximum de personnes. Ils doivent aussi « anticiper au mieux les attentes des visiteurs, tant en termes de contenu que dans leur démarche » pour les accompagner de manière pertinente dans leur démarche ou réflexion. Afin d'étudier ces différents milieux nous reprenons les travaux de Brousseau (1990) et notamment la notion de double milieu de Sensevy et Mercier (Sensevy & Mercier, 2007 ; Sensevy, 2011) à ce sujet. Le milieu est donc vu comme un système « antagoniste d'action » mais aussi, vu comme un « contexte cognitif ».

Dans notre exposition, les documents qui permettent d'accompagner le sujet et donc de médier un problème ou un casse-tête sont les panneaux descriptifs ainsi que le matériel manipulatoire liés à chaque problème. Ceci rejoint bien les dires de Contenot :

> Ces médiations, proposées aux usagers, tant en bibliothèque qu'en musée, prennent la forme de documents d'accompagnement (fiches de salles, livrets-jeux, journaux d'exposition), de cartels, ou encore

d'expositions sous forme de panneaux pédagogiques, et de plus en plus fréquemment de supports numériques. (Contenot, p. 14)

Dans la prochaine section, nous présentons quelques éléments d'analyse ainsi que notre méthodologie de recherche.

IV. ELEMENTS D'ANALYSE ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE

1. Activité mathématique

Gandit a élaboré un tableau permettant de définir l'activité mathématique de l'élève en catégories d'action (Lepareur, Gandit & Grangeat, 2017). Pour Gandit, cette activité mathématique se décompose en quatre catégories d'actions :

- Expérimenter c'est « choisir des cas particuliers, ni trop simples, ni trop complexes pour comprendre le problème, observer ces exemples au regard du problème, formuler des conjectures concernant ces cas particuliers, valider ou invalider ces conjectures, reconnaître les résultats établis concernant ces cas particuliers. »
- Généraliser c'est « dégager le généralisable du particulier en formulant une conjecture de portée générale, la prouver ou l'invalider par un contre-exemple, définir des objets nouveaux utiles à l'étude. »
- Questionner c'est « dégager un questionnement dans une situation donnée, proposer de nouveaux problèmes ou questions, induits par les actions précédentes. »
- Communiquer c'est « débattre scientifiquement de ses résultats, de ses conjectures, donner (par écrit ou oralement) une preuve acceptable par la communauté à laquelle elle s'adresse, expliciter sa démarche de recherche et sa démarche de preuve, présenter un problème et les résultats obtenus sur celui-ci. »

Dans notre travail, on s'est inspiré de ces catégories d'action pour définir l'activité de l'élève qui fait face à un problème exposé. On s'est également posé la question des connaissances visées avec ces types de problèmes. En reprenant les travaux élaborés par l'équipe *Maths à modeler* dans les situations de recherche en classe une des cinq caractérisations principales d'une situation de recherche en classe (SiRC) décrite dans (Denise, 2007) est qu'une question de recherche résolue peut donner lieu à un autre problème. L'objectif principal est de résoudre au moins partiellement le problème et non l'apprentissage d'une notion mathématique. On peut donc dire que ce n'est pas dans ce cadre que les connaissances notionnelles sont visées. En s'appuyant sur les dires de Sackur, Drouhard, Assude, Paquelier, & Maurel (2005), nous avons distingué des connaissances de différents ordres. Les connaissances d'ordre I tels que les axiomes, définitions, théorèmes et propriétés et les connaissances d'ordre II, qui représentent les différentes méthodes de travail sur les objets mathématiques, leur raisonnement, leur validité et leurs différents registres sémiotiques. D'après ces mêmes auteurs, c'est grâce à l'ordre II que l'on peut qualifier l'activité menée d'activité mathématique. Pour notre travail, c'est donc les connaissances d'ordre II qui sont visées et plus exactement la logique le raisonnement et les compétences (mathématiques) transversales.

2. Analyse a priori et a posteriori des situations en lien avec des indicateurs méthodologiques

Dans notre mémoire (Da Ronch, 2018a), nous avons fait une analyse *a priori* de ces quatre situations. Cette analyse a commencé par la présentation de la situation ainsi que de l'ensemble des artefacts permettant une bonne dévolution. Nous avons également fait une analyse épistémologique à travers la littérature de recherche amenant à présenter un problème de portée plus générale afin de resituer nos quatre situations. Puis nous avons terminé par une analyse mathématique des différents problèmes ainsi qu'une analyse didactique des situations décrivant les différentes stratégies possibles de la part d'un sujet. Cette analyse a permis *a priori* de vérifier différents critères C_i que nous avons élaborés — proches de ceux des Situations de Recherche (Grenier, 2007) — dans le but de favoriser l'entrée dans une démarche expérimentale et donc de permettre la mise en place d'une activité mathématique. Pour mesurer cette activité en termes d'action, nous avons élaboré une méthodologie de recherche permettant une récolte des données via les enregistrements vidéo et/ou traces écrites. Cette méthodologie se base sur une analyse multiniveau allant du niveau microscopique au niveau macroscopique. Nous avons de ce fait élaboré grâce aux travaux de M. Gandit (Lepareur, Gandit & Grangeat, 2017) des indicateurs microscopiques basés sur les catégories d'action au niveau macroscopique. Ceci a permis d'établir une connexion entre ces différents niveaux de granularité favorisant la mesure d'une activité mathématique. Dans l'analyse *a posteriori,* nous avons décrit précisément le déroulement effectif de la séance (organisation spatiale et temporelle), ainsi que les stratégies réellement mises en place par les sujets dans les diverses situations. Celles-ci ont pu être reliées aux catégories d'action grâce aux indicateurs élaborés. On a pu alors naturellement déduire les connaissances de différents ordres et plus précisément les connaissances d'ordre II perçues par les élèves du point de vue du chercheur.

V. CONCLUSION

Ce travail a montré différents points saillants (Da Ronch, 2018a). Plus les critères concernant l'entrée dans une démarche expérimentale sont vérifiés, plus la production d'une activité mathématique en termes d'action semble effective chez un sujet. Le problème de pavage (Da Ronch, 2018a ; 2018b) confirme bien ce résultat. On a également montré dans notre étude que les casse-têtes semblent moins enclins à favoriser la production d'une activité mathématique. De fortes perspectives et de nombreuses questions de recherche viennent naturellement dans le *continuum* de ce travail à savoir : Quel modèle de situation construire ou modifier permettant la mise en place d'une activité mathématique chez un sujet lors de manipulations d'artefacts en exposition sans médiateur humain ? L'ensemble d'artefacts utilisé en situation d'exposition peut-il se transformer en instrument (Rabardel, 1995) de médiation favorisant la production de connaissance d'ordre II ? Quel(s) dispositif(s) — matériel(s), temporel(s) et spatial(s) — instauré(s) pour favoriser l'encrage de ces connaissances chez un sujet ? Les items suivants s'inscrivent dans la perspective de notre questionnement :

- La création d'un modèle de situations de recherche favorisant l'activité mathématique d'un sujet par le biais d'artefacts lors d'exposition sans médiateur humain.
- Étudier les potentialités et les contraintes d'un artefact en lien avec une situation de recherche.
- Étudier le processus de *genèse instrumentale* (Rabardel, 1995) *;* évolution de l'artefact vers un instrument de médiation susceptible à la production de connaissances.
- Élaborer une grille d'évaluation empirique ou par inspection concernant l'évaluation d'un artefact en utilisant les notions d'utilité, d'utilisabilité et d'acceptabilité des travaux de (Tricot et al., 2003) sur l'évaluation d'un EIAH.
- Créer de nouveaux indicateurs multiniveaux — niveaux macroscopique et microscopique — dans le modèle élaboré, permettant de mesurer l'activité mathématique effective d'un sujet.

REFERENCES

Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en didactique des mathématiques*, *9*(9.3), 309-336.

Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. Grenoble, La Pensée Sauvage.

Contenot, F. (2011). La médiation au service de la confluence du musée et de la bibliothèque.

Da Ronch, M. (2018a). *Activité mathématique dans un contexte d'exposition avec manipulations d'objets : utopie ou réalité ?* (Mémoire de M2 Didactique des Sciences et Numérique). Université Grenoble Alpes.

Da Ronch, M. (2018b). Un problème de pavage : entre jeu et activité mathématique. Article soumis pour publication. *Revue de Mathématiques pour l'école (RMé).* N°231.

Grenier, D. (2007). Des situations de recherche en mathématiques pour une formation à la démarche scientifique.

Giroud, N. (2011). *Etude de la démarche expérimentale dans les situations de recherche pour la classe* (Thèse de Doctorat). Université de Grenoble.

Henry, A. (2010). Les enjeux de l'information et de la communication. Consulté à l'adresse http://cultural-engineering.com/2010/03/25/ repenser-la-mediation-l%E2%80%99exemple-de- la-smithsonian-institution-1

Jacobi, D. (1999). La communication scientifique : discours, figures, modèles.

Lepareur, C., Gandit, M. et Grangeat, M. (2017). Evaluation formative et démarche d'investigation en mathématiques : une étude de cas, éducation & didactique, 11(3)

Peyrin, A. (2012). Focus-Les paradoxes de la médiation culturelle dans les musées. *Informations sociales*, (2), 62–65.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.

Sensevy, G., Mercier, A. (2007). *Agir ensemble :l'action didactique conjointe du professeur et des élève.* Presses Universitaires de Rennes.

Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.

Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J. F., Amiel, A., Lutz, G., & Morcillo, A. (2003, April). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003* (pp. 391-402). ATIEF; INRP.

de Varine, C. (2008). Table-rond : Dispositifs, usage, public : essai de typologie. In *Actes du colloque « Chemins d'accès : l'autonomisation, une école du visiteur »* (pp. 1–4).