



HAL
open science

Activité mathématique : étude des conditions et des contraintes de viabilité en contexte d'exposition

Mickael da Ronch

► To cite this version:

Mickael da Ronch. Activité mathématique : étude des conditions et des contraintes de viabilité en contexte d'exposition. Nouvelles perspectives en didactique : le point de vue de l'élève, questions curriculaires, grandeur et mesure. Actes de la 20e école d'été de didactique des mathématiques Autrans – du 13 au 19 octobre 2019, 2, La pensée Sauvage : Grenoble, pp.497-507, 2021. hal-03416682

HAL Id: hal-03416682

<https://hal.science/hal-03416682v1>

Submitted on 5 Nov 2021

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

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

ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE : ÉTUDE DES CONDITIONS ET DES CONTRAINTES DE VIABILITÉ EN CONTEXTE D'EXPOSITION

Mickaël Da Ronch*

RÉSUMÉ

Cette contribution vise à présenter les résultats de l'activité mathématique d'élèves mesurée dans le cadre d'une exposition scolaire en réseau d'éducation prioritaire. A cette occasion, nous présentons le dispositif ainsi que la méthodologie adoptée basée sur une analyse multiniveau en catégories d'actions. Le résultat de cette analyse nous a permis d'élaborer une première caractérisation d'invariants – artefactuel, cognitif et social – donnant des conditions favorables à l'émergence d'une activité mathématique en contexte d'exposition scolaire (Da Ronch, 2019a, 2019b). Dans une vision de démocratisation des mathématiques et d'accès à ses pratiques, la deuxième partie de ce texte a pour but de présenter un premier travail sur l'étude des conditions et contraintes de viabilité de l'activité mathématique, et plus généralement de la démarche scientifique à l'échelle de notre société et de ses institutions de l'éducation non formelle.

Mots clefs : activité mathématique, conditions et contraintes, dispositif de médiation, invariants.

ABSTRACT

This paper aims to present the results of the mathematical activity of students measured in a the context of a school exhibition in a priority educational network. On this occasion, we present the system as well as the adopted methodology based on a multilevel analysis in categories of actions. The results of this analysis allowed us to identify a first category of invariants – artifactual, cognitive and social – giving favorable conditions for the emergence of mathematical activity in a school exhibition (Da Ronch, 2019a, 2019b). In a vision of democratization of mathematics and access to its practices, the objective of this second part is to show the preliminary study of the conditions and constraints of the mathematical activity and more generally the scientific approach at the level of our society and its non-formal education institutes.

Key words : mathematical activity, conditions and constraints, mediation system, invariants.

INTRODUCTION

Notre travail s'inscrit dans l'une des thématiques de recherche du laboratoire de l'Institut Fourier à Grenoble, portant sur le thème combinatoire et didactique et en lien avec la Structure Fédérative de Recherche (SFR) Maths à Modeler. Depuis de nombreuses années cette structure a pour objectifs principaux de promouvoir et de démocratiser les mathématiques en élaborant des situations de recherche (SR). Ces SR, issues le plus souvent des mathématiques discrètes, ont été conçues dans le but de favoriser la logique, le raisonnement, la preuve, mais aussi la construction de définitions idoines à l'activité de recherche en mathématiques. De nombreux travaux ont ainsi démontré que ces situations permettaient d'amener les élèves vers une réelle activité mathématique en classe (Cartier, 2008 ; Giroud, 2011 ; Godot, 2005 ; Ouvrier-Buffet, 2003). En parallèle, la Grange des Maths¹, comme d'autres organismes, propose actuellement des ateliers itinérants sous forme d'exposition à destination du public scolaire. L'un des enjeux principaux est de « faire des mathématiques », en manipulant et en raisonnant sur des thématiques variées, comme la logique, le numérique ou encore la géométrie par exemple. Nos premiers travaux ont consisté à s'interroger sur la question de transposition de l'activité mathématique dans le contexte d'une exposition scolaire. A partir de situations proposées par la SFR Maths à Modeler et la Grange des Maths, nous avons démontré qu'il était possible de transposer cette activité de recherche dans ce contexte spécifique modulo d'une part, la nature des problèmes associés ainsi que la posture adoptée par le médiateur d'autre part. La première partie de ce texte rend compte de ces premiers résultats (Da Ronch, 2019a, 2019b). La suite de notre travail consiste

* Institut Fourier, SFR Maths à Modeler, Université Grenoble Alpes.

¹ <https://www.la-grange-des-maths.fr/>

à élargir ce type de dispositif dans le cadre d'institutions culturelles. Pour l'heure, l'une des hypothèses que nous faisons est que la plupart de ces institutions ne laissent très peu, voire aucune place à l'activité mathématique, réduisant alors l'activité même de recherche au simple jeu essais-erreurs ou tâtonnements. Afin de mettre à l'épreuve cette hypothèse, dans la seconde partie du texte, nous procédons à une analyse macro-didactique via l'échelle des niveaux de codétermination de Chevallard (2010), dans le but d'identifier des conditions et des contraintes de viabilité de l'activité de recherche en mathématiques. En dernière partie du texte, nous concluons et proposons de nouvelles ouvertures possibles.

ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE ET EXPOSITION EN CONTEXTE SCOLAIRE

1 *Présentation du dispositif*

Nous avons mis en place une expérimentation durant le printemps 2018 au sein du Centre de Documentation et d'Information d'un collège du réseau d'éducation prioritaire situé dans l'agglomération grenobloise. Ce dispositif de type exposition (figure 1) était à destination d'élèves de 5^e et de 4^e (11 à 14 ans). La visite de l'exposition n'était pas sur la base du volontariat, puisque chaque classe, accompagnée de leur enseignant de mathématiques – qui adossait ici la posture de médiateur de type observateur –, a participé à ce dispositif. La durée moyenne de participation se situait entre 1 heure et 2 heures et aucun réinvestissement n'a eu lieu en dehors. Les modalités temporelles d'activité des élèves n'ont pas été fixées en amont, autrement dit, chaque élève ou groupe d'élèves, pouvait, suivant leur choix, rester quelques minutes ou plus sur chacune des situations proposées. Néanmoins, un contrat a été passé entre les élèves et le médiateur en amont de ces séances à savoir que :

- « la visite était libre, les élèves avaient la possibilité de se positionner comme ils le voulaient, seuls, par 2 ou par 3 au maximum ;
- les élèves pouvaient également utiliser différents supports “papier crayon” afin de répondre aux questions proposées par les différentes situations (non obligatoire) ;
- la disposition des différents panneaux et de leurs matériels associés était faite en sorte que chacune des situations proposées pouvait accueillir entre 1 et 3 élèves ; toutes les tables présentaient un panneau décrivant la situation, ainsi qu'un ensemble de matériels manipulables, le but étant de minimiser l'influence d'une situation par rapport à une autre ». (Da Ronch, 2019b, p. 50)



Figure 1. – Organisation spatiale de l'exposition.

Dans ce dispositif nous avons analysé principalement 4 situations issues de la SFR Maths à Modeler et de la Grange des Maths. Notre choix s’est alors porté sur des Situations de Recherche en Classe (SiRC), comme le pavage de grilles rectangulaires avec un trou par des dominos de taille 2×1 ou 1×2 (Grenier et Payan, 1998). Mais aussi, sur des situations plus classiques comme les Tours de Hanoï par exemple² (figure 2).



Figure 2. – Panneau décrivant la situation des Tours de Hanoï proposée par la Grange des Maths et son matériel associé.

2 Éléments théoriques et méthodologie de recherche

Dans notre travail, nous nous sommes principalement appuyés sur les travaux de Brousseau (1998) et plus exactement sur la notion de situation adidactique d’action dans le cadre de notre dispositif. Ce choix s’est justifié en partie du fait que ces situations ont été conçues avec pour objectif de faire travailler les élèves en autonomie, seuls ou par groupes. Le médiateur adopte dans ce contexte une posture de retrait de type observateur, contrairement à l’élève qui est actif puisque le contrat pédagogique, régi par des règles inhérentes à l’institution – au-delà d’un champ disciplinaire précis – exige implicitement d’agir en produisant des actions sur le milieu *in situ*, bien que ces actions soient soumises à la contingence.

L’étude épistémologique, mathématique et didactique de ces situations nous a permis de faire émerger deux classes de situations distinctes à savoir : « les problèmes » et « les casse-têtes ». D’un point de vue sémantique, les mots « problème » et « casse-tête » sont assez polysémiques et peuvent avoir des définitions analogues. D’ailleurs, on retrouve dans le dictionnaire du « Larousse en ligne » la définition d’un casse-tête comme étant un « travail qui demande une grande application ; problème difficile à résoudre ». La distinction entre ces termes ne semble donc pas aller de soi. Dans la nécessité de clarifier ces noms dans notre contexte d’étude, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Glaeser autour de la notion de problèmes (1971), ainsi que sur le travail de Giroud (2011). Nous avons ainsi défini précisément le mot « problème » comme

« [...] un couple formé d’une question et d’un ensemble de variables dont les valeurs sont modulables par l’élève. Le choix de la nature de ces variables – constitutives de la situation –,

² Ces situations ont été décrites et analysées dans Da Ronch (2019b, 2019a).

ainsi que de leurs valeurs associées, influent de manière significative sur la compréhension de la situation et sur les raisonnements utilisés qui ont un impact sur le travail mathématique de l'élève. Un choix arbitraire de la valeur de ces variables peut transformer un problème en un simple casse-tête mathématique. De plus, la réponse à cette question sur laquelle s'appuie le problème n'est *a priori* pas connue, elle est non triviale et sa méthode de résolution n'est pas donnée à la lecture de l'énoncé. La résolution, même partielle, de ce problème doit dépasser la répétition d'étapes qui est donnée par le simple raisonnement par tâtonnements ou essais-erreurs. Nous pouvons donc considérer un problème à partir du moment où il met en jeu une pluralité de raisonnements mathématiques. Il est important de clarifier qu'une même question, posée dans un contexte différent (médiation, public, ...) pourrait perdre son statut de problème ». (Da Ronch, 2019a, p. 51)

Quant au terme « casse-tête », celui-ci se caractérise principalement

« [...] sous la forme d'un couple formé d'une question particulière assimilée à une valeur d'une variable bien précise d'une situation donnée. Cette instanciation ne laisse *a priori* aucune place de paramétrisation et sa résolution ne dépasse pas le simple raisonnement par tâtonnements ou essais-erreurs. La pluralité des raisonnements utilisés pour le résoudre intervient plutôt du côté du concepteur que de l'utilisateur [...] » (*ibid.*, p. 51).

L'hypothèse sous-tendue de cette dualité évoquée entre « problème » et « casse-tête » est que ce dernier semble peu enclin à favoriser la transposition du raisonnement caractéristique de l'activité mathématique.

Dans le souci de mesurer l'activité mathématique effective des élèves et ainsi confronter l'hypothèse précédente à nos résultats expérimentaux, nous avons utilisé une méthode de recueil basée sur l'enregistrement vidéo – dispositif de caméras posées sur des trépieds –, mais aussi relevé quelques productions écrites d'élèves. Cela nous a permis de favoriser la récolte de données liées aux actions des élèves sur le milieu de la situation, et d'éviter ainsi la perte de traces de l'activité effective des élèves. L'appui des travaux théoriques de Gandit, Grangeat et Lepareur (2017), nous a permis de traiter et d'analyser finement ces actions. Rappelons tout de même que ces auteurs ont caractérisé l'activité mathématique de l'élève en 4 catégories d'action telles que *expérimenter*, *questionner*, *généraliser* et *communiquer* (*ibid.*, p. 106).

- 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 preuve, présenter un problème et les résultats obtenus sur celui-ci. »

A partir de ce modèle d'actions, nous avons élaboré d'autres critères multiniveaux, allant du niveau microscopique décrivant l'action effective de l'élève pour une tâche donnée, au niveau macroscopique associé à la conception d'actions génériques d'élèves en situation. L'analyse des enregistrements vidéo nous a alors permis d'établir des catégories d'actions de niveau microscopique, inhérentes aux catégories générales, telles que *expérimenter* (E_i), *questionner* (QA_i), *généraliser* (G_i) et *communiquer* (C_i). Chacun des critères microscopiques a été validé grâce à des indicateurs précis permettant ainsi de mesurer l'activité effective des élèves en situation. Nous donnons, ci-après, un extrait du tableau qui décrit la composante *expérimenter* et ses différentes actions microscopiques associées avec leurs indicateurs de validité (figure 3).

Niveau microscopique des actions de l'élève	Description et indicateurs de validité
E_1	E propose une réponse (correcte ou erronée) en faisant des essais par manipulation. — réponse orale, écrite ou avec support visuel en défaisant leur « construction » répondant à une question.
E_2	E propose une conjecture locale. — Conjecture formulée à l'écrit ou à l'oral.
E_3	E valide ou invalide sa conjecture locale. — Trouve un contre-exemple pour invalider sa conjecture ou la prouve en utilisant un argument valide (oral ou écrit).
E_4	E explique comment il a obtenu une conjecture, une idée. — Dialogue entre élève et/ou professeur permettant à l'élève d'expliquer son cheminement.
E_5	E propose un état mais ne sait pas si celui-ci apporte une réponse ³ à la question. — L'élève fournit une réponse et se pose oralement des questions sur la validité de son résultat.
E_6	E propose une action en lien avec une stratégie identifiée. — L'élève réalise un geste avec l'artefact qui se rapproche d'une stratégie identifiée dans l'analyse <i>a priori</i>

Figure 3. – Extrait du tableau des actions microscopiques de l'élève pour la composante expérimenter avec ses indicateurs de validité (Da Ronch, 2019a, p. 73).

3 Résultats de l'expérimentation et premières conclusions

De manière générale, les résultats de notre expérimentation ont montré que les catégories *expérimenter* et *communiquer* étaient présentes dans l'activité mathématique mesurée chez les élèves. Si l'on prend l'exemple de la situation des Tours de Hanoï, les élèves ont mis en avant la (une) solution (non) optimale sur un cas particulier et ont donné des arguments locaux pertinents ou erronés (Da Ronch, 2019a, p. 67). Ces actions sont inhérentes aux catégories *expérimenter* et *communiquer*. L'absence des catégories *généraliser* et *questionner* s'explique par deux facteurs. Le premier facteur concerne la « nature » de la situation. En effet, la situation des Tours de Hanoï telle qu'elle est présentée dans ce dispositif relève d'un *casse-tête* et non d'un *problème* mathématique au sens de nos définitions. Ceci contraint donc l'élève à l'étude de cas particuliers limités – comme le cas à 4 disques proposé –, et ne favorise donc pas un travail de généralisation. Le deuxième facteur relève principalement du questionnement concernant l'optimalité de la solution trouvée. Les élèves ont exhibé une solution en respectant les règles de déplacements des disques, mais ne se sont pas questionnés sur le caractère nécessaire du nombre de déplacements exhibé. D'ailleurs, nous avons retrouvé des résultats analogues sur l'absence de justification d'une impossibilité dans le cas du problème de pavage d'une grille rectangulaire par des dominos par exemple. L'exhibition d'une solution particulière émerge naturellement et a conduit à la mise en avant d'une solution localement acceptable, dont sa validité est directement renvoyée par le milieu de la situation – recouvrement de la grille sans chevauchement, ni dépassement. Néanmoins, lorsqu'il s'agissait de prouver une impossibilité de recouvrement, les élèves n'ont éprouvé aucun besoin de justification. Ils se sont contentés de quelques essais pour s'en convaincre, sans ressentir la nécessité de la prouver. On constate alors un glissement du raisonnement entre les preuves d'existence et d'impossibilité, qui amène de ce fait à traiter une condition suffisante de la même manière qu'une condition nécessaire. Pour faire évoluer les conceptions des élèves sur l'existence ou l'impossibilité en mathématiques, le médiateur a dû modifier sa posture en adoptant une posture de type réacteur afin de maintenir l'orientation des élèves et ainsi éviter une certaine forme de frustration engendrée par la confrontation à l'impossible, et ainsi faire émerger un questionnement autour de cette notion (*ibid.*, p. 68).

Ces premiers résultats expérimentaux, nous ont conduits à élaborer une première caractérisation tridimensionnelle donnant des critères, semble-t-il, nécessaires à l'émergence d'une activité mathématique dans des dispositifs d'exposition scolaire. Cette caractérisation se décrit en 3 composantes : artefactuelle, cognitive et sociale.

La composante artefactuelle correspond au panneau de la situation et aux matériels manipulables associés. Selon nous (Da Ronch, 2019a, pp. 69-70), le panneau doit présenter explicitement le *problème*, ainsi qu'au moins une instanciation permettant de comprendre l'enjeu de la situation sur un cas précis. De prime abord, ce choix se veut de favoriser l'enrôlement de l'élève dans la résolution du *problème* et en outre, se veut de faire évoluer les stratégies et le raisonnement de l'élève. Ces instances sont donc à considérer comme des variables didactiques. De plus, il est important que le *problème* soit présenté sous la forme d'une question de portée générale et d'un ensemble de variables dont les valeurs sont laissées à la modification de l'élève. Ces points assurent l'existence de variables de recherche permettant à l'élève de s'approprier le *problème* grâce à la modification de leur valeur d'une part, mais aussi lui permettre d'initier d'autres stratégies de résolution inhérentes aux valeurs des variables qu'il fixe d'autre part. La notion de double registre de représentation de type schématique et textuel est particulièrement importante et doit être explicitement mise en avant sur le panneau pour comprendre les règles du jeu et l'objectif visé par la situation. Lorsque ces situations relèvent de problèmes de décision, il est important d'accentuer la notion d'impossibilité via des « marqueurs » dans le souci d'atténuer la rencontre métacognitive, parfois brutale, entre les connaissances et conceptions intrinsèques que peut avoir l'élève sur l'« impossible » en mathématiques et l'observation de la réalité renvoyée par le milieu de la situation dans lequel l'élève évolue et agit. Du côté des artefacts tangibles, ces derniers doivent être facilement manipulables et permettre d'instancier le problème sur de nombreux cas particuliers, et doivent être construits de telle sorte que les actions de l'élève sur ces objets permettent le renvoi de rétroactions efficaces amenant à l'autorégulation dans la post-construction de ses actions et stratégies lors de la résolution. La conception du matériel est un enjeu majeur pour le bon fonctionnement d'une situation, notamment le fait de réduire au minima les effets de *catachrèse* (Rabardel, 1995) – détournement de l'artefact de sa tâche principale – en envisageant, le plus précisément possible, ses effets. Mais aussi, de limiter les déplacements interdits au regard des règles du jeu dans une situation donnée. Ainsi, la suppression – au moins partielle – de ces « parasites » lors de la conception évite à l'élève de s'écarter des objectifs visés par la situation.

La composante cognitive quant à elle est relative aux connaissances requises et visées par la situation. Connaissances que l'on pourrait qualifier de connaissances notionnelles et de connaissances heuristiques en analogie avec les connaissances d'ordre I et II évoquées chez Sackur, Drouhard, Assude, Paquelier, et Maurel (2005). En effet, ces auteurs (*ibid.*, p. 67) définissent les connaissances d'ordre I comme relatives aux notions mathématiques telles que « les définitions et les axiomes, les “contenus” des énoncés mathématiques vrais ». Les connaissances d'ordre II font quant à elles références à la représentation, dans différents registres, des objets mathématiques en jeu, au raisonnement, mais aussi à sa validité. Pour ces auteurs « faire des mathématiques » c'est donc produire des connaissances d'ordre I, c'est-à-dire des énoncés mathématiques vrais au moyen de connaissances d'ordre II régies par la logique, la sémosis et le raisonnement mathématique. Par ailleurs, Sackur et al. notent que ces connaissances d'ordre II ne sont pas acquises par les élèves puisque souvent enseignées de manière implicite en classe (*ibid.*). L'hypothèse que nous faisons, au même titre que ces auteurs, est qu'elles ne peuvent s'acquérir qu'au moyen de « l'expérience vécue ». Ainsi, à travers un dispositif de type exposition scolaire, il nous semble important d'une part, que les notions mathématiques requises pour avancer dans la résolution du *problème* ne soient pas attachées à un contenu mathématique requérant des notions trop spécifiques, et d'autre part,

que les connaissances visées soient liées aux connaissances de type heuristique. A cet effet, les mathématiques discrètes semblent être un outil propice dans le développement du raisonnement et d'heuristiques caractéristiques d'une activité mathématique (le modèle des SiRC par exemple, voir Grenier et Payan, 2003).

Pour finir la composante sociale relative aux interactions entre pairs doit être prise en compte dans la construction du dispositif. Il serait souhaitable de proposer pour chaque îlot une situation déclinée suivant différentes valeurs et natures de variables en favorisant un travail de modélisation, de changement de représentation de l'objet, pouvant amener une argumentation entre pairs sur ces différentes instances. Dans l'idéal, la scénographie du dispositif doit permettre d'articuler différentes situations dont les problèmes inhérents ont une certaine proximité vis-à-vis d'un concept mathématique en jeu.

Ces premiers résultats nous ont permis d'établir quelques conditions didactiques, ergonomiques et spatiales, permettant d'amener les élèves vers une activité mathématique autonome dans un contexte d'exposition scolaire. La suite de notre travail a pour volonté d'élargir ce type de dispositif hors institution scolaire. L'hypothèse présentée en introduction de ce texte, qui rappelons-le, souligne le fait que les institutions culturelles laissent très peu, voire aucune place à l'activité mathématique, réduisant alors la démarche de recherche au simple jeu d'essais-erreurs ou tâtonnements. Afin de mettre à l'épreuve notre hypothèse, nous développons une méthodologie basée sur une analyse de l'existant à travers les différents rapports institutionnels liés à l'objet de savoir relatif à la démarche de recherche en mathématiques. Une analyse macro-didactique via l'échelle des niveaux de codétermination (Chevallard, 2010) nous semble alors un outil propice pour évaluer les conditions et les contraintes de viabilité de cette démarche à différents niveaux de granularité.

AMORCE D'UNE ANALYSE MACRO-DIDACTIQUE DE L'ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE AU SEIN DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE FRANÇAISE

4 *Vers une opérationnalisation de l'échelle des niveaux de codétermination didactique*

Dans cette section, nous nous appuyons sur l'échelle des niveaux de codétermination didactique (Chevallard, 2010) qui permet d'étudier les conditions et les contraintes de diffusion sociale vis-à-vis d'un objet de savoirs particuliers, qui ici sera relatif à l'activité mathématique (figure 4). Il convient alors d'analyser la place qu'occupe cette dernière à l'échelle de notre société et de ses institutions d'éducation non formelle à travers la Culture Scientifique et Technique (CST) développée en France.

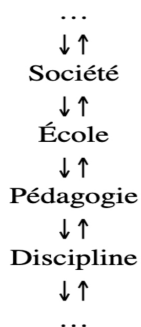


Figure 4. – *Fragment de l'échelle des niveaux de codétermination didactique.*

Le paragraphe qui suit vise modestement à présenter des éléments épistémologiques et historiques sur la naissance de la CST en France et la prolifération de ses institutions.

5 *A l'échelle de la civilisation : une approche épistémologique et historique des courants de communication scientifique et technique en Europe*

La diffusion scientifique a commencé dès l'école et s'est étendue au-delà de ces institutions à partir de la Renaissance grâce aux « cabinets de curiosité », mais aussi à l'initiative de quelques vulgarisateurs scientifiques comme Fontanelle³ (1686). La fin du XVII^e siècle a marqué l'achèvement des « cabinets de curiosité » et a laissé la place à une institution plus pérenne, celle de l'institution du musée des sciences à partir du XVIII^e siècle. Selon Eidelman et Schiele (1992, p. 190), cette institution occultait totalement l'aspect des sciences en train de se faire pour ne retenir que les résultats « accordant un privilège absolu à la chose au détriment du processus, elle renforçait ses effets de vérité et d'autorité ». Ces pratiques ont perduré et se sont peu à peu estompées autour des années 30 grâce à l'arrivée des musées de *démonstration* par l'expérience « en théâtralisant le parti-pris épistémologique qui conçoit l'expérience comme clef de voute du progrès de la connaissance, il signe définitivement la fin du musée de *monstration* » (*ibid.*, p. 191). Les années 60 et 70⁴ ont marqué un tournant historique de la communication scientifique et technique en Europe et particulièrement en France et en Grande-Bretagne dans un souci de « développer les technosciences et de trouver des moyens pour qu'elles soient acceptées et soutenues par un large public » (Chavot & Masseran, 2010). C'est ainsi qu'ont émergé les courants du Public Understanding of Science (PUS) et de la Culture Scientifique et Technique (CST) en France. Le PUS et la CST bien qu'ayant pour vocation de rapprocher la science et la société,

« [le PUS] insiste sur les « publics », le degré de leur compréhension et leurs représentations de la science, qui seraient, dans l'idéal, mesurables. En ce qui concerne la CST, il s'agirait plutôt d'intégrer les sciences à la culture générale des publics, de fournir un bagage nécessaire de connaissances scientifiques permettant de se repérer dans la société actuelle. Cependant, cette ligne de partage n'est jamais nette ni définitive : les concepts sont remaniés suivant des contextes concrets » (*ibid.*, p. 2).

Ces auteurs ont souligné (*ibid.*, p. 3) que l'impulsion de la CST a été en partie due à des scientifiques comme Jean-Marc Levy-Leblond (physicien) par exemple « désireux de démocratiser la science et d'en faire une partie intégrante de la culture ». Dans cette lignée les politiques ont mis en place la loi de 1982 incitant les scientifiques à communiquer leurs résultats de recherche dans un souci de culture scientifique commune et de partage de connaissances. Des Centres de Culture Scientifique Technique et Industrielle (CCSTI) ont vu leur apparition dans les années 80, à Paris, puis en province dans un souci de dissémination à grande échelle d'une culture scientifique pour tous. La communication scientifique et technique est restée toutefois centrée sur des préoccupations de société (accidents industriels, maladies, etc.) en relation avec les domaines de la physique, de la chimie ou de la biologie par exemple et n'a laissé qu'une visibilité réduite aux mathématiques. C'est à partir de l'an 2000 – année internationale des mathématiques — que ce domaine a commencé à prendre de l'ampleur à l'échelle européenne et en particulier en France (Felt, 2003).

6 *L'activité mathématique occultée par une démarche scientifique pluridisciplinaire*

A l'échelle de la société : une stratégie unificatrice au sein de la CST

Récemment en France une Stratégie Nationale de Culture Scientifique Technique et Industrielle (SNCSSTI) est mise en place dans le but

« [d'] éclairer [les] concitoyennes et [les] concitoyens grâce aux acquis de la science et au partage

3 Bernard Le Bouyer de Fontenelle (1657-1757) père fondateur de la vulgarisation connu notamment pour son ouvrage d'astronomie « Entretiens sur la pluralité des mondes » de 1686.

4 Un tournant également dans l'enseignement des sciences et en particulier des mathématiques lors de la réforme des « mathématiques modernes » en France.

de la démarche scientifique, à leur donner les moyens de développer et/ou renforcer leur curiosité, leur ouverture d'esprit, leur esprit critique, et à lutter contre le prêt-à-penser » (SNCSTI, 2017, p. 33).

A ce paradigme général viennent s'agréger cinq orientations stratégiques, dont l'une d'entre elles est relative à la démarche scientifique que ces auteurs qualifient de

« [...] démarche ou méthode scientifique [qui] renvoie à un processus de réflexion universel basé sur l'observation, la problématisation, l'énoncé d'hypothèses, l'expérimentation, la révision des hypothèses en fonction des résultats obtenus, et leur discussion » (*ibid.*, p. 74).

Ce choix d'orientation stratégique vise principalement à faire découvrir la démarche scientifique au plus grand nombre, afin de favoriser des conditions d'émergence de l'esprit critique, mais aussi d'apprendre à débattre, à développer des arguments et à appréhender la complexité en donnant des moyens d'actions génériques comme :

- « mettre en place et/ou soutenir les formations à la médiation scientifique et au débat public ;
- mettre à disposition des scientifiques et des citoyens des tiers-lieux réels ou virtuels pour communiquer, échanger, partager la démarche scientifique ;
- renforcer la formation des élèves à l'esprit critique ;
- déployer ou contribuer au déploiement des projets de sciences participatives ;
- soutenir et développer les modes de médiation permettant l'action ;
- développer dans le cadre scolaire et hors-scolaire, des actions éducatives et des dispositifs » (*ibid.*, pp. 75-76).

L'analyse de ce rapport nous montre qu'il n'accorde pas de place particulière aux mathématiques et donne juste des moyens permettant de favoriser la démarche scientifique au sens large. En amont, d'autres rapports européens (Rocard et al., 2007; Artigue, 2011) ont mis en avant l'importance d'une « démarche scientifique » centrée, entre autres, sur les mathématiques, qui est vue comme un levier favorisant la rencontre entre la société et cette discipline. Cette démarche, comme l'a soulignée Artigue (2011, p. 5), permettrait de « donner une vision non dénaturée des pratiques de ceux qui produisent ou utilisent les mathématiques », sans toutefois spécifier davantage les moyens d'action à engager au sein des institutions de l'éducation non formelle. On s'aperçoit que les différents rapports noosphériens ont comme point commun la dissémination de la démarche scientifique, mais qu'aucun ne donne des recommandations précises sur les actions mathématiques à engager au sein des institutions « non formelles ». Cette difficulté réside dans la communication entre les différents acteurs de ces institutions mais surtout par le fait que la SNCSTI s'est orientée en partie autour des sciences et n'est donc pas cloisonnée autour d'un domaine spécifique.

A l'échelle des institutions de la CST : une analyse curriculaire contrastée

Notre étude à l'échelle institutionnelle s'est orientée sur des centres ou associations du domaine de la CST en France. Elle comporte une analyse « curriculaire » des différents rapports d'activité (2017, 2018), ainsi qu'une analyse de « terrain » ciblant quelques centres ou associations spécifiques que nous n'évoquons pas dans ce texte. Bien que les différentes recommandations de la SNCSTI au niveau de la démarche scientifique semblent être mises en place au sein de ces institutions, l'analyse de ces rapports (Palais de la Découverte, Cap Sciences, Fermat Science, etc.) met en avant plusieurs points qui obscurcissent la place des mathématiques. En effet, nous avons relevé que très peu de centres ou d'associations du domaine de la CST sont dédiés uniquement aux mathématiques. De manière générale, ces établissements sont pluridisciplinaires et mènent des actions le plus souvent orientées par des choix locaux (politique, gouvernance) qui ont un fort pouvoir décisionnaire sur les actions entreprises. A ce niveau d'analyse on constate que les actions engagées au niveau des mathématiques sont très hétéroclites et peu représentées. Il est donc primordial d'effectuer une analyse de « terrain » afin d'identifier les actions pérennes (ateliers, expositions

permanentes) orientées sur les mathématiques et sa démarche pour pouvoir étayer notre hypothèse de recherche sur des cas précis.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de notre étude (Da Ronch, 2019a ; 2019b) ont montré qu'il était possible de transposer l'activité mathématique dans le contexte d'une exposition scolaire modulo le statut de la situation proposée : « problème » ou « casse-tête », mais aussi sur la posture du médiateur adoptée *in situ*. En particulier, nous avons mis en avant que la confrontation à l'impossibilité ou à la généralisation était un véritable enjeu dans l'activité mathématique mais aussi un obstacle pour les élèves. A cette occasion, nous avons établi l'esquisse d'une première caractérisation donnant des conditions, semble-t-il, nécessaires dans l'élaboration de situations de recherche hors classe visant un accès au plus proche de l'activité mathématique. La suite de notre travail vise à disséminer ces pratiques au-delà du cadre scolaire, et s'insère dans une volonté de démocratisation, d'accès à la démarche scientifique et en particulier à la démarche mathématique. Ainsi la deuxième partie de ce texte a servi à présenter une première amorce concernant l'étude des conditions et des contraintes de viabilité de l'activité mathématique au sein de la culture scientifique française. Ce travail d'analyse macro-didactique nous a permis d'une part, de faire ressortir que les mathématiques en tant que domaine scientifique de la CST n'étaient que faiblement représentées au niveau noosphérique et d'autre part, que les injonctions institutionnelles s'orientaient sur une pratique de la démarche scientifique au sens large et non exclusivement restreinte au domaine des mathématiques. L'analyse curriculaire ne nous a pas permis d'évaluer qualitativement les actions engagées autour des mathématiques et de sa démarche. Notre recherche s'oriente donc vers une analyse approfondie de l'existant au sein des institutions de l'éducation populaire, donnant lieu à une cartographie des différents moyens mis en œuvre pour favoriser l'accès à une activité mathématique. En parallèle de ce travail, nous procédons à la conception d'un dispositif à partir de problèmes issus de mathématiques discrètes comme le problème de Wang (Da Ronch, Gandit et Gravier, sous presse). Ceci dans le but de développer une ingénierie sans médiateur, permettant un accès au plus proche à la démarche de recherche en mathématiques au sein d'institutions non scolaires.

RÉFÉRENCES

- ARTIGUE, M. (2011). *Les défis de l'enseignement des mathématiques dans l'éducation de base*. UNESCO Paris.
- BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des Situations Didactiques*. La pensée sauvage Grenoble.
- CARTIER, L. (2008). A propos du théorème d'Euler et des parcours eulériens dans les graphes. *Petit x*, 76, 27-53.
- CHAVOT, P., & MASSERAN, A. (2010). (Re)penser les sciences et les techniques en Europe. *Questions de communication*, 17, 7-18.
- CHEVALLARD, Y. (2010). La didactique, dites-vous? *Éducation et didactique*, 4(1), 139-148.
- DA RONCH, M. (2019a). Fait-on des mathématiques en résolvant des « casse-têtes » ? L'exemple des tours de Hanoï dans un dispositif d'exposition. *Petit x*, 109, 49-73.
- DA RONCH, M. (2019b). Un problème de pavage : entre jeu et activité mathématique. *Revue de Mathématiques pour l'école*, 231, 46-55.
- DA RONCH, M., GANDIT, M., & GRAVIER, S. (sous presse). Du problème de Wang vers une nouvelle situation de recherche pour la classe. *Repères-IREM*.
- EIDELMAN, J., & SCHIELE, B. (1992). Culture scientifique et musées. *Sociétés contemporaines*, 11(1), 189-215.
- FELT, U. (2003). Optimizing Public Understanding of Science, Network in the 5th Framework Programme/Raising Public Awareness of Science and Technology. *Final report, Wien: Institut für Wissenschaftsforschung, Universität Wien*.
- GIROUD, N. (2011). *Etude de la démarche expérimentale dans les situations de recherche pour la classe*. (Thèse de doctorat) Université de Grenoble.
- GLAESER, G. (1971). *Mathématiques pour l'élève professeur*. Hermann.
- GODOT, K. (2005). *Situations recherche et jeux mathématiques pour la formation et la vulgarisation*. (Thèse de doctorat) Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- GRENIER, D., & PAYAN, C. (1998). Spécificités de la preuve et de la modélisation en mathématiques discrètes. *RDM*, 18(1), 59-100.

ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE : CONDITIONS ET CONTRAINTES DE VIABILITÉ

- GRENIER, D., & PAYAN, C. (2003). Situations de recherche en “classe” : essai de caractérisation et proposition de modélisation. *Cahiers du séminaire national de recherche en didactique des mathématiques*, ARDM, Paris.
- LEPAREUR, C., GANDIT, M., & GRANGEAT, M. (2017). Évaluation formative et démarche d’investigation en mathématiques : Une étude de cas. *Education & didactique*, 11(3), 101-120.
- OUVRIER-BUFFET, C. (2003). *Construction de définitions/construction de concept : Vers une situation fondamentale pour la construction de définitions en mathématiques*. (Thèse de doctorat) Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H., & HEMMO, V. (2007). L’enseignement scientifique aujourd’hui : Une pédagogie renouvelée pour l’avenir de l’Europe. *Commission européenne/Bruxelles. (Rapport en ligne) disponible sur <http://ec.europa.eu>*.
- SACKUR, C., DROUHARD, J.-P., ASSUDE, T., PAQUELIER, Y., & MAUREL, M. (2005). L’expérience de la nécessité épistémique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25(1), 57–90.
- SNCSTI. (2017). *Stratégie nationale de culture scientifique, technique et industrielle*. (Rapport en ligne) disponible sur https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/CSTI/57/3/SNCSTSI_728573.pdf