

Rapport scientifique final Mars 2022

Titre de la recherche : La résolution de problèmes comme objet ou moyen d'enseignement au cœur des apprentissages dans la classe de mathématiques.

Subside n° 100019_173105/1 - Période du 31.08.2017 au 31.01.2022

Résumé des travaux de recherche et des résultats obtenus

La recherche porte sur l'étude de la résolution de problèmes envisagée à la fois comme objet d'enseignement mais aussi comme moyen d'enseignement dans la classe de mathématiques selon un point de vue fédérateur à partir d'études dans différents contextes. L'objectif essentiel est de montrer comment se pense et se construit l'enseignement de la résolution de problèmes dans ses deux aspects, comment elle est mise en œuvre par les enseignants et quels apprentissages sont réalisés par les élèves. Cette recherche se décline à travers différents travaux coordonnés par Jean-Luc Dorier et Sylvie Coppé, co-requérant.e.s du projet. Une part importante du travail s'articule autour de trois thèses permettant de questionner la résolution de problèmes sous des angles variés (niveaux scolaires, point de vue des enseignants ou des élèves). Deux de ces thèses sont réalisées par des assistantes DIP et la troisième est financée par le FNS. Deux autres études s'intéressent à la résolution de problèmes comme un outil pour enseigner des notions mathématiques. Ces études sont réalisées par des chargés d'enseignement de l'équipe DiMaGe sur leur temps de recherche statutaire lié à leur emploi à l'Université de Genève. Ainsi s'ils ont nourri la réflexion globale du projet, ils n'ont pas bénéficié de financement du FNS. Enfin de façon transversale, avec l'appui de Jean-Luc Dorier et Sylvie Coppé, Marina De Simone (collaboratrice scientifique FNS de septembre 2017 à août 2019) puis Nataly Essonnier (collaboratrice scientifique FNS de septembre 2019 à août 2021) ont travaillé à l'élaboration, la diffusion et l'analyse de deux questionnaires (un pour les élèves et l'autre pour les enseignants) qui visent à mieux cerner comment les injonctions officielles sur la résolution de problèmes sont mises en œuvre dans les classes du primaire au secondaire II et quelles perceptions de la résolution de problèmes mathématiques ont les élèves et les enseignants.

Nous allons d'abord rapidement donner quelques éléments sur les deux thèses, et les deux études qui n'ont pas été financées par le FNS. Puis nous décrirons plus en détail le travail et les résultats de la thèse du Candoc et les analyses des deux questionnaires.

La thèse de Maud Chanudet (assistante DIP), soutenue le 22 octobre 2019, porte sur l'étude des pratiques évaluatives des enseignants dans le cadre d'un cours centré sur la résolution de problèmes en mathématiques (Chanudet, 2019b), proposé au cycle d'orientation (secondaire 1) à Genève. Les principaux résultats ont été donnés dans le rapport intermédiaire. Maud Chanudet est à présent maîtresse assistante dans l'équipe DiMaGe. Elle a, entre autres, prolongé son travail de thèse dans une collaboration avec Stéphane Favier (Candoc sur ce projet) avec lequel, elle a construit une formation continue des enseignants de ce cours en s'appuyant sur les résultats de leurs deux thèses. Cela les a par ailleurs amenés à collaborer avec des enseignants, dans le but d'élaborer une ressource pour le cours de résolution de problèmes susmentionné. Ces travaux pourraient se poursuivre par une recherche collaborative avec des enseignants, objet d'un dépôt de requête au FNS (refusée en octobre 2021 et qui sera redéposée en avril 2022, voir plus loin).

La thèse de Jana Lackova (assistante DIP) interroge la place de la démarche d'investigation dans le baccalauréat international et le rôle du dispositif d'évaluation spécifique nommé « Exploration en mathématiques ». Le début de ce travail a été décrit dans le rapport intermédiaire. Suite à plusieurs ennuis de santé, elle a pris un peu de retard et la soutenance est maintenant prévue pour la fin de l'année 2022. Jana Lackova est actuellement en train de finaliser les dernières analyses des données qu'elle a récoltées. Elle a suivi le travail personnel de deux élèves dans la réalisation de leur travail d'exploration. Pour ce faire, elle leur a fourni une caméra de type GoPro pour qu'ils filment toute leur recherche et leur a demandé de tenir un carnet de bord. Pour analyser ces données, elle s'appuie sur

les différentes dialectiques développées dans l'étude des parcours d'étude et de recherche dans la théorie anthropologique du didactique (Chevallard, 2008).

La première étude, initiée par Sylvia Coutat et Céline Vendeira, porte sur l'enseignement de la géométrie au primaire. Ces deux chargées d'enseignement docteures en didactique des mathématiques de l'équipe DiMaGe ont développé depuis quelques années une ingénierie didactique (pour le cycle 1 – élèves de 4-8 ans) composées de situations-problèmes qui s'appuient sur un matériau original constitué de formes géométriques non conventionnelles découpées dans du bois avec des systèmes de pochoirs (le groupe s'est nommé « Proform » pour cette raison (Vendeira & Coutat, 2017 et 2018). Dans le cadre du projet FNS, l'objectif a été d'analyser d'une part comment les enseignants s'approprient ces situations et d'autre part, comment celles-ci agissent sur les connaissances des élèves. L'usage de ce matériel pédagogique dans différentes classes régulières a été concluant. En effet, selon les situations proposées, les élèves du cycle 1 parviennent à coordonner une vision globale des formes avec l'usage de leurs caractéristiques mettant en lumière l'enrichissement du regard souhaité ainsi que sa flexibilité pour passer d'une vision à l'autre.

La deuxième étude, nommée « PROFON » (Projet fonctions), **menée par Pierre-François Burgermeister, Michel Coray et Laurence Merminod**, puis, **depuis la rentrée 2019, par Marina De Simone** porte sur l'élaboration d'une ingénierie didactique sur l'enseignement des fonctions en 1^e année du Collège à Genève. Après quelques pré-expérimentations, cette équipe a élaboré une ingénierie didactique sous forme d'une séquence d'enseignement sur les fonctions en mettant l'accent sur les jeux entre registres de représentation sémiotiques au sens de Duval (1993). Par rapport aux pratiques usuelles, cette séquence est innovante en ce qu'elle intègre une forte dimension de résolution de problèmes. Cette ingénierie a été testée dans trois classes. Les analyses de ces expérimentations ont permis de dégager certaines caractéristiques du travail des élèves dans le cadre d'un enseignement par la résolution de problèmes. En particulier, ces analyses ont permis de documenter l'évolution des conceptualisations de la notion de fonction d'élèves qui interagissent entre eux pendant les activités de résolution de problèmes de la séquence d'enseignement proposée.

La thèse de Stéphane Favier (Candoc FNS) a été soutenue le 8 février 2022, sous le titre « Étude des processus de résolution de problèmes par essais et ajustements en classe de mathématiques à Genève ». Ce travail vise à documenter le travail des élèves de différents niveaux scolaires (école obligatoire à Genève en milieu et fin de primaire et milieu du secondaire 1) dans des situations de résolution de problèmes, par des analyses fines du travail des élèves et des interactions. Ce travail permet plus particulièrement de caractériser les démarches des élèves, lorsqu'ils résolvent des problèmes mathématiques qui peuvent conduire à faire des essais et des ajustements dans les conditions habituelles de la classe. Ces conditions d'étude au plus proche de la réalité de la classe induisent une complexité que peu de recherches sur le même sujet ont abordé et cela constitue donc une de ses originalités. Pour cela, Stéphane Favier a élaboré un dispositif de recueil de données lui permettant de capter des données relatives au travail de chaque élève (ou groupe d'élèves) à tout moment pendant la classe en utilisant des caméras embarquées sur la tête d'un élève par groupe. Ce dispositif technique lui a permis d'obtenir des enregistrements audiovisuels du travail des élèves tout à fait pertinents et exploitables.

Pour analyser ces données audiovisuelles, Stéphane Favier a élaboré une méthodologie fondée sur un triple regard. Du point de vue macroscopique, c'est-à-dire relativement à l'organisation temporelle, il a mis en œuvre le cadre d'analyse développé par Schoenfeld (1985) et adapté par Rott (2011, 2012b) qui consiste à découper le travail des élèves en différents épisodes. La particularité de ses données l'a amené à proposer une adaptation supplémentaire en introduisant un épisode nommé régulation pour prendre en compte les interventions de l'enseignant dans le travail des élèves. Les résultats de ce découpage révèlent une grande variété selon les élèves, ne serait-ce que du point de vue du nombre d'épisodes, qui rend difficiles les comparaisons directes. Pour réduire la complexité de ces découpages, il a étudié l'avancée propre du travail des élèves selon deux indicateurs : la proportion du temps de la

recherche effective et le nombre de séries qui la caractérise. Les résultats montrent, pour chacun de ces indicateurs, que les différents groupes sont distribués de manière uniforme entre deux positions extrêmes qui marquent des tendances très différentes.

Il a ensuite réalisé un autre type de réduction en se focalisant sur les épisodes qui constituent le cœur de la recherche des élèves et leur enchaînement. Ainsi, il a enrichi le modèle de Rott et al. (2021) de manière à prendre en compte l'impact des interventions de l'enseignant sur le processus de résolution des élèves. Les résultats montrent que dans un contexte de classe, la grande majorité des processus sont non linéaires du fait des différents aller-retour entre les phases du modèle.

Ensuite, en se concentrant sur les heuristiques, il a porté un regard plus microscopique sur les mêmes données. Sur la base des différents travaux sur le sujet, il a répertorié les heuristiques déjà identifiées par certains auteurs, puis il a tenté de les repérer dans les résolutions des élèves. Cet outil d'analyse lui a permis de dégager trois profils d'élèves qu'il a nommés : les « explorateurs », les « papillonners » et les « prospecteurs ». Les élèves qui sont dans le profil explorateur se caractérisent par une certaine persistance dans la ou les pistes envisagées au cours de la résolution et semblent globalement plus souvent réussir à résoudre correctement le problème. Ceux qui sont dans le profil papillonneur se caractérisent par une recherche beaucoup plus superficielle qui n'aboutit généralement pas à résoudre correctement le problème bien que ces élèves présentent une certaine richesse dans les heuristiques mises en œuvre. Quant au profil prospecteur, il apparaît comme un compromis des deux autres profils en ce sens que, comme les élèves du profil papillonneur, ils ont ouvert un certain nombre de pistes différentes ; et comme les élèves du profil explorateur, ils ont pu explorer de manière plus approfondie une de ces pistes.

Enfin, Stéphane Favier a développé un dernier niveau d'analyse spécifique aux essais et ajustements. Les résultats montrent que la manière d'ajuster semble être un point aveugle de l'enseignement lors de la résolution de ce type de problèmes puisqu'on ne note pas ou peu d'évolution entre les élèves du primaire et ceux du secondaire quant à la capacité à ajuster et à interpréter de manière efficiente les rétroactions du milieu. Ces dernières analyses ont permis de mieux comprendre les natures différentes des essais des élèves et aussi de mettre à jour des connaissances ignorées ou laissées implicites qui permettent de mieux caractériser la démarche d'ajustements d'essais successifs.

Les perspectives de ce travail se situent sur le plan de la formation des enseignants tout d'abord. Ceci a déjà commencé par une révision du moyen d'enseignement du cours de « démarches mathématiques et scientifiques » (DMS) de 10^eLS profil S et par l'élaboration d'une formation continue à destination des enseignants genevois qui enseignent ce cours, sur la base de résultats conjoints des thèses de Stéphane Favier et Maud Chanudet. Comme nous l'avons évoqué plus haut, sur la base de cette collaboration, nous visons à mettre en place avec ces deux nouveaux docteurs une recherche collaborative avec des enseignants visant, entre autres, l'élaboration d'outils de formation dans le contexte de la résolution de problèmes. Une requête au FNS sur ce thème, qui serait un prolongement du projet actuel, est en cours et permettrait à Stéphane Favier d'avoir un poste de collaborateur scientifique à 50% en complément du poste de chargé d'enseignement à 50% qu'il a obtenu à l'université de Genève depuis la rentrée 2021-2022.

De plus, Stéphane Favier envisage poursuivre le travail d'analyse du travail des élèves sur un autre type de problèmes dits de *Pattern*. Ceci devrait permettre de continuer d'explorer la complexité de cette notion d'essai dans une fonction d'enrichissement du milieu afin de permettre de conjecturer.

Il a également quelques perspectives plus spécifiques d'ordre théorique, sur l'analyse du potentiel des heuristiques pour orienter ou relancer la recherche des élèves ou sur l'étude des processus de dévolution et d'institutionnalisation à l'échelle d'un type de problème particulier, élargi à d'autres types de problèmes. Ces diverses questions pourraient nourrir le travail envisagé dans le projet de recherche collaborative évoqué plus haut.

Enfin, de façon transversale, avec l'appui de **Jean-Luc Dorier et Sylvie Coppé, Marina De Simone (post-doctorante de septembre 2017 à août 2019) puis Nataly Essonnier (post-doctorante depuis septembre 2019)** ont travaillé à l'élaboration, la diffusion et l'analyse de deux questionnaires, un pour les élèves et un pour les enseignants. L'analyse des réponses a été effectuée à l'aide des outils

statistiques du logiciel SPSS. L'objectif était d'obtenir des informations déclaratives sur la perception de la résolution de problèmes mathématiques par les élèves et par les enseignants, du primaire au secondaire 2.

Dans le rapport intermédiaire, nous avons expliqué comment nous avons conçu ces deux questionnaires. Du point de vue de leur structure, il s'agit majoritairement de questionnaires avec des questions fermées comportant des réponses classées sur une échelle de Likert à 4 points soit en accord (tout à fait d'accord, plutôt d'accord, plutôt pas d'accord, pas du tout d'accord) soit en fréquence (toujours, souvent, parfois, jamais) permettant aux élèves et aux enseignants de se positionner sur un certain nombre d'items présentés dans chaque rubrique.

Pour le questionnaire destiné aux élèves, nous avons recueilli 1352 réponses : 279 pour les classes de 7P et 8P au primaire, 455 en classe de 10^e au cycle d'orientation (CO) et 618 au collège (secondaire II gymnasial de Genève). Nous avons utilisé les statistiques descriptives et nous avons créé des clusters en utilisant l'algorithme *TwoStep* propre à SPSS.

Les résultats montrent que les élèves ont une conception des mathématiques qui est relativement stable tout au long de la scolarité. Cependant en détaillant on voit qu'une conception 'calculatoire' domine au primaire, alors, que c'est une conception 'procédurale' (« apprendre et appliquer des formules ») avec une place importante faite aux calculs, qui prend le pas au secondaire I, puis une conception 'logique', déjà assez marquée, qui devient dominante au secondaire II. Il existe également une conception 'expérimentale' qui diminue au fil des ordres d'enseignement, alors qu'elle dépasse la conception 'procédurale' au primaire, cette dernière dominant au secondaire I. Le besoin de justifier une réponse (conception 'justification') est plus prégnante au secondaire I et au secondaire II qu'au primaire. La nécessité de bien rédiger la solution (conception 'rédaction') est la moins représentée à tous les ordres.

L'analyse en termes de clusters, a permis de voir que, à part un profil sur quatre au primaire et dans une moindre mesure un sur cinq au secondaire II, aucun des autres profils élèves (et donc aucun au secondaire I) ne semble se caractériser par une plus grande appétence pour la résolution de problèmes. Cela semble donc montrer que l'enseignement actuel dispensé à Genève ne permet pas à une grande majorité d'élèves de percevoir la dimension résolution de problèmes dans leur approche des mathématiques. La logique semble bien plus être perçue comme le marqueur principal des mathématiques, talonnée par les aspects calculatoires et procéduraux. Il est enfin significatif de noter que si la résolution de problèmes apparaît encore dans la perception que les élèves ont des mathématiques au primaire, elle semble balayée au secondaire I pour revenir timidement au secondaire II.

Pour le questionnaire destiné aux enseignants, nous avons obtenu 38 réponses d'enseignants du primaire, 38 du secondaire I et 39 du secondaire II.

De la même façon que pour le questionnaire élèves, nous constatons une assez nette différence entre les résultats au primaire et ceux des secondaires I et II qui se ressemblent assez malgré des injonctions différentes dans les programmes. Ces similitudes et différences semblent provenir de la combinaison des injonctions des programmes sur le contenu mathématique à enseigner, les directives et le contenu des évaluations institutionnelles, mais aussi de l'expérience personnelle des enseignants, des habitudes culturelles et des usages. Par conséquent, tous ces facteurs ont l'air d'impacter la pratique et la perception des enseignants en résolution de problèmes.

Les résultats sur les objectifs visés par les enseignants en résolution de problèmes ont mis en avant qu'au primaire elle sert très majoritairement à habituer les élèves à chercher (ceci est à mettre en relation avec la conception expérimentale qui ressort du questionnaire élèves) alors qu'au secondaire, c'est en premier lieu pour donner du sens aux concepts mathématiques mais beaucoup plus au secondaire I qu'au secondaire II.

Annexes
Programme des invitations

8 novembre 2017

- Mante Michel (Coordinateur des rédacteurs des nouveaux moyens romands) - « Aide à la résolution de problèmes »
- Emmanuel Sander E., Hippolyte Gros H. & Katarina Gvozdic (Equipe IDEA, Instruction, Development, Education, Acquisition of knowledge - Université de Genève) – « Une approche interprétative de la résolution de problèmes »

21 décembre 2017

- Katarina Gvozdic « Des situations aux représentations - Des élèves aux enseignants »
- Hippolyte Gros - « La congruence sémantique au cours des apprentissages arithmétiques »

6 décembre 2018

- Marilyn Gardes (Institut des Sciences Cognitives - Marc Jeannerod – Université de Lyon) : « Analyse des effets d'un enseignement fondé sur la recherche de problèmes »
- Jean-Philippe Georget (Centre de recherche en sciences de l'éducation - Université de Caen) : « situations de recherche et de preuve entre pairs »

20 septembre 2019

- Stéphane Clivaz et Audrey Daina (HEP Vaud) : « Connaissances des enseignants pour enseigner la résolution de problèmes »

23 octobre 2019

- Caroline Lajoie (Département de mathématiques, Groupe de recherche sur la formation à l'enseignement des mathématiques, Université du Québec à Montréal) : « Résolution de problèmes mathématiques en contexte d'enseignement au primaire : le point de vue du conseiller pédagogique »
- Catherine Houdement (Professeur émérite, Didactique des mathématiques, LDAR, Université de Rouen) : « Questions sémiotiques et enseignement des mathématiques »

4 décembre 2019

- Benjamin Rott (Université de Cologne, Allemagne) : « Mathematical Problem Solving – Current Findings and Needs in this Research Field »

La période du COVID a ensuite rendu les échanges plus complexes. Nous avons toutefois maintenu à distance une vie d'équipe et des réunions régulières. Depuis 2020 notre travail s'est aussi beaucoup centré sur la réalisation d'un livre (voir plus bas).

21 juin 2022

- Magali Hersant (université de Nantes- France). Atelier sur la résolution de problème. Cet atelier aurait dû avoir lieu le 9 février 2022 à la suite de la soutenance de la thèse de Stéphane Favier, mais à cause de la situation sanitaire, Magali Hersant a dû renoncer à venir et a suivi la soutenance à distance. Après concertation avec elle, il a été convenu de repousser cet atelier au mois de juin.

Colloques, Séminaires, Congrès dans lesquels tout ou une partie de l'équipe a communiqué ou va communiquer sur le projet

Colloque Espace Mathématiques Francophone (EMF2018) Paris - 22-28 octobre 2018
<https://emf2018.sciencesconf.org/resource/page/id/1.html>

Chanudet, M. (2019). Quelques résultats concernant les compétences en résolution de problèmes d'élèves évalués sur un même problème et à l'aide d'une même grille d'évaluation. In M. Abboud (Ed.), *Mathématiques En Scène, Des Ponts Entre Les Disciplines. Actes Du Colloque EMF-2018*, (p. 1532–1539). Paris : Université de Paris – IREM.

Favier, S. (2018). Prise en compte des erreurs par les élèves : le cas des narrations de recherche. In M. Abboud (Ed.), *Mathématiques en scène, des ponts entre les disciplines. Actes du colloque EMF-2018* (pp. 990-998). Paris : Université de Paris – IREM.

Lackova, J. & Dorier, J.-L. (2019). La démarche d'investigation dans le cadre du bac international. In M. Abboud (Ed.), *Mathématiques en scène. Des ponts entre les disciplines. Actes du colloque EMF-2018* (pp.1094–1101). Paris : Université de Paris – IREM.

Séminaire de l'Association pour la Recherche en Didactique des Mathématiques (ARDM)
Paris – 26 – 27 novembre 2020 - <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03545511>

Burgermeister, P. F., Coppé, S., Coray, M., Coutat, S., De Simone, M., Dorier, J.-L., Essonnier, N. & Venda, C. (2021). La résolution de problèmes comme objet ou moyen d'enseignement au cœur des apprentissages dans la classe de mathématiques. In A. Chesnais & H. Sabra (Eds.). *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2020* (pp. 173-202). IREM de Paris - Université de Paris.

Chanudet, M. (2021). Résolution de problèmes en mathématiques au secondaire I en Suisse romande : Quelles pratiques évaluatives ? In A. Chesnais & H. Sabra (Eds.). *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. (pp. 147-172). IREM de Paris - Université de Paris.

Colloque « L'école primaire au XXI^e siècle » – Cergy Paris Université – 12 – 14 octobre 2021
<https://colloque-lp21.sciencesconf.org/>

Organisation d'un symposium long « Résoudre des problèmes à l'école : comment font les élèves ? Qu'apprennent-ils ? », axe 1 « *Savoirs scolaires* ». Cécile Allard, Sylvie Coppé, Maira Mamede, Maud Chanudet, Stéphane Favier, Chantal Moussy. Responsable : Cécile Allard. Discutant : Eric Roditi

- **Maud Chanudet** : *Les démarches et raisonnements mathématiques en jeu dans les « problèmes pour chercher » de manuels français de mathématiques CM2.*

- **Sylvie Coppé** : *Proposer des aides à la résolution de problèmes : est-ce possible ? sous quelles formes ?*

- **Stéphane Favier** : *Résoudre un problème par essais et ajustements : une caractérisation des démarches mises en œuvre par des élèves de l'école primaire.*

5ème Colloque des didactiques disciplinaires – SUPSI-DFA Locarno – 8/9 avril 2022

<https://www.conftool.com/convegnodidattiche2022/>

Symposium - La résolution de problèmes en mathématiques

Contribution 1 - Sylvie Coppe, Marina De Simone, Jean-Luc Dorier, Nataly Essonnier

La résolution de problèmes en mathématiques vue par les élèves et par les enseignants à Genève

Contribution 2 - Maud Chanudet, Stéphane Favier

Le raisonnement et la preuve en mathématiques au cœur d'un projet de recherche collaborative autour de la résolution de problèmes

Contribution 3 - Jana Lackova

The role of media-milieu dialectics in the constitution of the "milieu" during an inquiry process

Colloque Espace Mathématiques Francophone (EMF2022) - Cotonou (Bénin)

12-16 décembre 2022 <http://emf.unige.ch/emf2022/>

Propositions en cours de rédaction (délai de soumission au 11 avril 2022). Plusieurs membres de l'équipe participeront avec des contributions liées au projet.

Livre en cours de publication

Depuis 2020 le travail de l'équipe DiMaGe s'est beaucoup centré sur la réalisation d'un livre qui est maintenant presque terminé (il le sera début avril). Ce livre présente différents aspects du projet. Nous sommes en négociation avec UGA éditions <https://www.uga-editions.com/> pour la publication. Dans ce qui suit nous donnons le sommaire avec la taille en nombres de caractères espaces compris de chaque chapitre et un résumé du livre. Sylvie Coppé et Jean-Luc Dorier seront les éditeurs du livres et les auteurs de chaque chapitre sont précisés dans ce qui suit.

La résolution de problème au cœur de l'activité mathématique. Quels enjeux pour l'apprentissage ?

Total : 720'000 caractères espaces compris

Intro

10'000 caractères

Coppé Sylvie et Dorier Jean-Luc

1^e Partie – Enjeux de transposition

Chapitre 1 – Epistémologie et didactique de la résolution de problèmes – Un aperçu de la littérature

40'00 caractères

Chanudet Maud – Favier Stéphane

Chapitre 2 – La résolution de problèmes dans les programmes scolaires suisses romands et au bac international

60'000 caractères

Coppé Sylvie – Essonnier Nataly - Lackova Jana – Weiss Laura

Chapitre 3 – Analyse comparative des chapitres sur l'apprentissage de la résolution de problèmes dans les moyens d'enseignement romands de 1996 et la nouvelle édition

60'000 caractères

Coppé Sylvie – Daina Audrey

2^e Partie – Conditions et contraintes dans la mise en œuvre d'un enseignement de ou par la résolution de problèmes

Chapitre 4.1 – Conditions et contraintes dans un enseignement sur le temps long de ou par la résolution de problèmes

100'000 caractères

Burgermeister Pierre-François – Chanudet Maud – Coray Michel – Coutat Sylvia
De Simone Marina – Favier Stéphane – Lackova Jana – Merminod Laurence – Vendeira Céline

Chapitre 4.2 – Conditions et contraintes de l'évaluation dans un enseignement de ou par la résolution de problèmes

100'000 caractères

Chanudet Maud – Coray Michel – Coutat Sylvia – De Simone Marina –
Favier Stéphane – Lackova Jana – Vendeira Céline

Chapitre 5 – Perception des mathématiques et de la résolution de problèmes par les élèves

30'000 caractères

Coppé Sylvie – De Simone Marina – Dorier Jean-Luc – Essonnier Nataly

Chapitre 6 – La résolution de problèmes dans les pratiques des enseignants

60'000 caractères

Coppé Sylvie – Dorier Jean-Luc – Essonnier Nataly

3^e Partie – Analyses du travail en classe des élèves et des enseignants
lors d'activités de résolution de problèmes

Chapitre 7 – Étude des échanges verbaux entre élèves et enseignant lors de séances de résolution de problèmes dans une perspective d'évaluation formative

110'000 caractères

Chanudet Maud – De Simone Marina

Chapitre 8 – Exemples d'analyse du travail d'élèves en résolution de problèmes

130'000 caractères

Burgermeister Pierre-François – Coutat Sylvia – De Simone Marina

Favier Stéphane – Lackova Jana – Vendaire Céline

Conclusion

20'000 caractères

Coppé Sylvie – Dorier Jean-Luc

Ce livre est issu d'un projet soutenu par le FNS qui a impliqué 14 chercheurs en didactique des mathématiques de l'équipe DiMaGe de la section des sciences de l'éducation de Genève. Il s'intéresse à divers aspects de la résolution de problèmes comme objet d'enseignement ou comme outil pour enseigner les mathématiques du primaire au secondaire 2. Les recherches présentées ici ont toutes été menées dans un contexte du canton de Genève.

Dans la première partie, nous examinons la résolution de problèmes en nous centrant sur les aspects épistémologiques et ceux liés de la transposition didactique interne jusqu'aux programmes. Ainsi le chapitre 1 offre à l'appui d'une revue de littérature un panorama des analyses d'ordre épistémologique, didactique ou psychologique autour de la résolution de problèmes. Le chapitre 2 présente une analyse de la place de la résolution de problèmes dans l'évolution des programmes de mathématiques du canton de Genève et de la Suisse romande du primaire au secondaire 2 depuis la fin du 19^e siècle à nos jours. Le chapitre 3 enfin présente une analyse comparative des moyens d'enseignement romands en vigueur jusqu'à maintenant et les nouveaux en ce qui concerne la place de la résolution de problèmes et le contenu des activités proposées.

Dans la deuxième partie, nous examinons quelles sont les conditions et les contraintes qui pèsent sur la mise en place d'un tel enseignement que ce soit de la résolution de problèmes comme objet ou comme outil.

Dans le chapitre 4, deux axes liés aux conditions et contraintes guident notre réflexion et font l'objet des deux volets de ce chapitre.

Ainsi dans le chapitre 4.1, nous traitons des questions liées à la temporalité. En effet, pour qu'un enseignement puisse revendiquer avoir un minimum d'effet sur les apprentissages, il doit s'inscrire dans une certaine durée et offrir une approche qui se construit dans une progression et une maturation des apprentissages des élèves notamment par des alternances de dévolution et institutionnalisation. Cette dimension temporelle toujours présente dans l'enseignement prend néanmoins des aspects particuliers dans le cas de la résolution de problèmes que nous abordons dans différents contextes.

Dans le chapitre 4.2, nous nous centrons sur divers aspects liés à l'évaluation. Dans un enseignement de la résolution de problèmes comme objet, cette question est cruciale et renvoie à celle de la détermination des objectifs et des objets de savoir identifiables. Dans le cas d'un enseignement par la

résolution de problèmes, une question centrale est de voir comment les évaluations peuvent prendre en compte la dimension de la résolution de problèmes dans les apprentissages des élèves.

Dans les deux volets du chapitre 4, nous abordons chacun de ces deux axes à travers quatre des travaux de notre équipe, deux portant sur un enseignement de la résolution de problèmes comme objet et deux sur un enseignement utilisant la résolution de problèmes comme moyen. Les développements dans chacun peuvent être plus ou moins importants, mais l'ensemble permet de donner une vue assez large de ces deux aspects des contraintes et conditions d'un enseignement de ou par la résolution de problèmes.

Dans les chapitres 5 et 6, nous abordons la question des conditions et des contraintes par l'analyse de réponses à deux questionnaires que nous avons conçus. L'un sur les perceptions de la résolution de problèmes par les élèves à partir de leur vécu dans leur cursus scolaire (chapitre 5) et l'autre sur les pratiques des enseignants (chapitre 6). Ces questionnaires ont été posés à différents niveaux scolaires à Genève.

Dans la troisième et dernière partie, nous présentons les travaux qui portent sur des analyses de terrain en observant des élèves et leur enseignant en classe ou dans un travail à la maison sur des activités diverses de résolution de problèmes.

Dans le chapitre 7, nous nous intéressons aux interactions entre enseignant et élèves. Le point de vue adopté est celui des pratiques évaluatives dans une optique d'évaluation formative pour tenter de comprendre comment les enseignants aident leurs élèves à mieux réussir en résolution de problèmes. Le cadre théorique explicité au début du chapitre est ensuite opérationnalisé pour l'étude des interactions dans deux contextes ; 3 classes du cours de « démarche mathématique et scientifique » au secondaire I, et des séances de de l'ingénierie sur l'introduction des fonctions dans deux classes du secondaire II.

Dans le chapitre 8, qui clôt cet ouvrage, nous présentons quatre travaux qui analysent le travail d'élèves dans un contexte de résolution de problèmes. Tout d'abord, Sylvia Coutat et Céline Vendeira analysent à la lumière de plusieurs exemples comment les élèves de début de primaire résolvent les tâches dans les activités de reconnaissance de formes issues de leur ressource. Elles mènent leurs analyses selon deux axes, celui des interactions entre élèves et celui des effets des interventions de l'enseignant. Ensuite, Pierre-François Burgermeister et Marina De Simone analysent quelques exemples de travail d'élèves du début du secondaire II dans la résolution de problèmes de leur ingénierie sur les fonctions. Ils montrent de façon fine comment les jeux sur les registres mais aussi les changements de point de vue permettent aux élèves d'avancer dans la résolution de problèmes. Jana Lackova a suivi le travail personnel de quelques élèves dans la réalisation de leur travail d'exploration mathématique dans le cadre du baccalauréat international. Pour ce faire, elle leur a fourni une caméra de type GoPro pour qu'ils filment toute leur recherche et leur a demandé de tenir un carnet de bord. Dans ce chapitre, elle rend compte d'une partie de ses analyses, qu'elle a réalisées en s'appuyant sur les différentes dialectiques développées dans l'étude des parcours d'étude et de recherche dans la théorie anthropologique du didactique. Enfin Stéphane Favier, dans son travail de doctorat, a analysé le travail d'élèves de primaire et de secondaire I dans des problèmes qui peuvent se résoudre par des méthodes d'essais et d'ajustements. A l'appui d'une large revue de littérature il a repris et adapté un cadre d'analyse issu des travaux de Schoenfeld et complété par Rott (voir chapitre 1 de ce livre). Dans ce chapitre, Stéphane Favier reprend une partie de sa thèse portant sur la notion d'heuristique. Il présente tout d'abord la façon dont ce concept est traité dans la littérature et développe ensuite son cadre d'analyse qu'il applique à quelques exemples.

Liste des publications¹

- *Thèse*

Chanudet, M. (2019). *Étude des pratiques évaluatives des enseignants dans le cadre d'un enseignement centré sur la résolution de problèmes en mathématiques*. (Thèse de doctorat). <https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:125833>

Favier, S. (2022). *Étude des processus de résolution de problèmes par essais et ajustements en classe de mathématiques à Genève*. (Thèse de doctorat). (à paraître).

- *Chapitre de livre*

Chanudet, M. (2019). Assessing Inquiry-Based Mathematics Education with Both a Summative and Formative Purpose. In P. Liljedahl & M. Santos-Trigo (Eds.), *Mathematical Problem Solving* (p. 177–207). Cham (Switzerland): Springer.

De Simone, M., & Sabena, C. (2020). Making Choices and Explaining Them: An Experiment with Strategy Games in Kindergarten. In M. Carlsen, I. Erfjord & P. S. Hundeland (Eds.), *Mathematics Education in the Early Years*, (pp. 143-159). Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34776-5_9

De Simone, M. (2019). Intertwinement of Rationality and Emotions in Mathematics Teaching: A Case Study. In M. S. Hannula, G. C. Leder, F. Morselli, M. Vollstedt & Q. Zhang (Eds.), *Affect and Mathematics Education – Results from the POEM4 Conference, 2018* (pp. 233- 253). Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13761-8_11

De Simone, M. (2017). Disclosing the “ræmotionality” of a mathematics teacher using technology in her classroom activity. In G. Aldon, F. Hitt, L. Bazzini, U. Gellert (Eds.), *Mathematics and Technology*, (pp. 255-284). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51380-5_12

Dorier, J.-L. & Maass K. (2020) Inquiry Based Mathematics Education. In S. Lerman (ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education*, pp. 384-388, Dordrecht : Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_176

- *Articles dans des revues à comité de lecture*

Coppé, S (2021). Faut-il savoir ce qu'est un problème pour en résoudre ? *Revue de mathématiques pour l'école*, 235, 60-72.

De Simone, M., Lackova, J., & Weiss, L. (2019). Un jeu de communication au cycle 1. *Revue de mathématiques pour l'école*, 231, 30-37. Repéré à <https://www.revue-mathematiques.ch/files/2015/5385/2637/RMe-231-DeSimone.pdf>

Dorier, J.-L. (2019). Mon Vélo a-t-il 27 vitesses ? *Revue Mathématiques pour l'école*, 232, 26-30. <http://www.revue-mathematiques.ch/files/3015/6983/0924/RMe-232-Dorier.pdf>

Favier, S. (2018). Zoom sur la stratégie « ajustements d'essais successifs » au travers de l'activité Des points partout (1H-2H). *Revue de mathématiques pour l'école*, 230, 15 22.

Favier, S., & Chanudet, M. (2021). Les démarches et modes de raisonnement en jeu dans les problèmes de "Recherche & stratégies" en 10H. *Revue de mathématiques pour l'école*, 235, 88-98.

Favier, S., De Simone, M. (2019). « Des points partout » : une analyse du travail des élèves en termes de la structure de l'attention. *Grand N*, 104, 23-38.

¹ NB : en jaune, les publications qui devront être actualisées quand elles seront en ligne

Chanudet, M. (2019). La place de la verbalisation dans l'activité de résolution de problèmes en mathématiques : le cas du problème des portes de prison. *Raisons éducatives. Verbalisation et apprentissages*, 23, 127-151.

Chanudet, M. (2017). Le problème des châteaux de cartes. *Revue de mathématiques pour l'école*, 228, 4-13.

Lackova, J. (2020). The place of inquiry in mathematics taught within the International Baccalaureate
La place de l'enquête en mathématiques enseignées au sein du Baccalauréat International. *Educação Matemática Pesquisa : Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 22(4), 603-611. <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i4p603-611>

Lackova, J. (2020). Comment une moto avec des roues carrées peut-elle rouler ? *Revue De Mathématiques Pour L'école*, 234, 5-21.

- *Chapitres d'actes de congrès avec comité de lecture*

Coppé, S., De Simone, M. ; Dorier, J.-L. & Essonnier, N. (à paraître). La résolution de problèmes en mathématiques vue par les élèves et par les enseignants à Genève. In *Actes du 5e colloque des didactiques disciplinaires* – Locarno - 8-9 Avril 2022.

Chanudet, M. & Favier, S. (à paraître). Le raisonnement et la preuve en mathématiques au cœur d'un projet de recherche collaborative autour de la résolution de problèmes. In *Actes du 5e colloque des didactiques disciplinaires* – Locarno - 8-9 Avril 2022.

Lackova, J. (à paraître). The role of media-milieu dialectics in the constitution of the "milieu" during an inquiry process. In *Actes du 5e colloque des didactiques disciplinaires* – Locarno - 8-9 Avril 2022.

Burgermeister, P. F., Coppé, S., Coray, M., Coutat, S., De Simone, M., Dorier, J.-L., Essonnier, N. & Vendeira, C. (2021). La résolution de problèmes comme objet ou moyen d'enseignement au cœur des apprentissages dans la classe de mathématiques. In A. Chesnais, H. Sabra (Eds.). *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2020* (pp.173-202). IREM de Paris - Université de Paris. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03545511>

Chanudet, M. (2021). Résolution de problèmes en mathématiques au secondaire I en Suisse romande : Quelles pratiques évaluatives ?
In A. Chesnais & H. Sabra (Eds.). *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. (pp.147-172). IREM de Paris - Université de Paris. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03545511>

Chanudet, M., Coppé, S., Gandit, M. & Moulin, M. (2019). Analyse des interactions didactiques dans une perspective d'évaluation formative. In S. Coppé, E. Roditi, V. Celi, F. Chellougui, F. Tempier, C. Allard, ... M. Kiwan-Zacka (Eds.), *Nouvelles perspectives en didactique : Géométrie, évaluation des apprentissages mathématiques. Actes de la XIXe école d'été de didactique des mathématiques* (p. 453-475). Paris.

Chanudet, M. (2019). Étude des pratiques d'évaluation formative informelle de trois enseignants de mathématiques genevois dans le cadre d'un enseignement de la résolution de problèmes. In C. Gremion, E. Sylvestre, & N. Younes (Eds.), *Actes du 31ème Colloque scientifique international de l'ADMEE-Europe : Entre normalisation, contrôle et développement formatif. Évaluations sources de synergies ?* (p. 469-474). Lausanne, Suisse : IFFP et CSE de l'Université de Lausanne.

Chanudet, M. (2019). Quelques résultats concernant les compétences en résolution de problèmes d'élèves évalués sur un même problème et à l'aide d'une même grille d'évaluation. In M. Abboud (Ed.), *Mathématiques En Scène, Des Ponts Entre Les Disciplines. Actes Du Colloque EMF 2018* (p. 1532-1539). Paris : Université de Paris – IREM.

Chanudet, M. (2017). Teachers' formative assessment practices: the case of an IBME-centered course. In T. Dooley & G. Gueudet (Éd.), *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME10)* (p. 3436-3443). Dublin, Ireland.

Celi, V., & De Simone M. (2018). Le rôle des croyances dans les pratiques d'une professeure des écoles à propos du calcul mental. *Actes du 45e Colloque COPIRELEM : Manipuler, représenter, communiquer : quelle place pour les artefacts dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ?* (pp. 547-557). Repéré à <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/WO/IWO19028/IWO19028.pdf>

Favier, S. (2018). Prise en compte des erreurs par les élèves : le cas des narrations de recherche. In M. Abboud (Ed.), *Mathématiques en scène, des ponts entre les disciplines. Actes du colloque EMF-2018* (pp. 990-998). Paris : Université de Paris – IREM.

Favier, S. & Chanudet, M. (*à paraître*) Les modes de raisonnement et de preuve comme apprentissages possibles de la résolution de problèmes en mathématiques. *Actes du colloque CORFEM*. Strasbourg (online).

Lackova, J. & Dorier, J.-L. (2019). La démarche d'investigation dans le cadre du bac international. In M. Abboud (Éd.), *Mathématiques en scène. Des ponts entre les disciplines. Actes du colloque EMF-2018* (pp. 1094–1101). Paris : Université de Paris – IREM.

Lackova, J. (2021). The Constitution of the « Milieu » During an Inquiry Process : An Analysis in Terms of Question-Answer and Media-Milieu Dialectics. In B. Barquero, I. Florensa, P. Nicolás, & N. Ruiz-Munzón (Éds.), *Extended Abstracts Spring 2019* (p. 149-158). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76413-5_17

Vendeira, C., & De Simone, M. (*à paraître*). Une ingénierie de formation initiale d'enseignants primaires basée sur la pédagogie coopérative. *Actes du 47e Colloque COPIRELEM : Dispositifs et collectifs pour la formation, l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques* (Grenoble, 15-17 juin 2021).

- *Communications lors de manifestations scientifiques sans actes*

Chanudet, M. (2021). *Les démarches et raisonnements mathématiques en jeu dans les «problèmes pour chercher» de manuels français de CM2*. Colloque L'école primaire au 21e siècle. Cergy, 14 octobre 2021.

Chanudet, M, Fink, N., Riat, C., Roy, P. & Vuillet, Y. (2021). *Connecting with Western-Swiss Research In Didactics, Panel Discussion. ECER 2021. Genève (online), 8 septembre 2021.*

Chanudet, M. (2021). *Types of Reasoning Promoted in Mathematics Classes in the Context of Problem-solving Instruction in Geneva*. Shanghai (online), 14 juillet 2021.

Chanudet, M., & Favier, S. (2020). *Modes de raisonnement et de preuve en résolution de problèmes en mathématiques*. Journées romandes des formateurs en didactique des mathématiques : Connaissances mathématiques et connaissances didactiques des enseignants. Crêt Bérard, 30 janvier 2020.

Coppé, S. (2021). Proposer des aides à la résolution de problèmes : est- ce possible ? sous quelles formes ? Colloque L'école primaire au 21e siècle. Cergy, 14 octobre 2021.

Favier, S. (2019). *Caractérisation de la stratégie « ajustements d'essais successifs » dans le cadre d'un problème pour apprendre à chercher en 2P*. XIIIème séminaire des Jeunes Chercheurs en Didactique des Mathématiques : L'opérationnalisation du cadre théorique. Paris, 30 mai – 1 juin 2019.

Favier, S. (2020). *La caméra embarquée : Un dispositif technique innovant pour recueillir des données au plus près du travail des élèves*. XIVème séminaire des Jeunes Chercheurs en Didactique des Mathématiques : Les données en didactique des mathématiques. Grenoble (online).

Favier, S. (2021). Characterizing the problem-solving processes used by pupils in classroom : Proposition of a descriptive model. The 14th International Congress on Mathematical Education. Shanghai (online), 13 juillet 2021.

Favier, S. (2021). *Résoudre un problème par essais et ajustements : une caractérisation des démarches mises en œuvre par des élèves de l'école primaire*. Colloque L'école primaire au 21e siècle. Cergy, 14 octobre 2021.

Lackova, J. (2018). *La constitution du milieu lors d'une démarche d'investigation : Une analyse en termes des dialectiques question/réponse et média/milieu : La roue carrée*. Le Colloque International : la Pédagogie et la Didactique des Disciplines Scientifiques « CIPDDS'18 », Tanger, Maroc, 29 décembre 2018.

- *Publications dans des revues professionnelles*

Chanudet, M. (2020). La narration de recherche : un dispositif de verbalisation écrite en mathématiques L'éducateur, Hors-série n°7 « Verbaliser pour apprendre », 9-11.

Celi, V., & De Simone, M. (2020). La place des croyances dans la praxéologie d'une enseignante novice d'école primaire : le cas du calcul mental. *Educação Matemática Pesquisa : Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 22(4), 309-317. Repéré à <https://doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i4p309-317>