

Le TIPE de mathématiques

dans une perspective d'égalité entre les sexes

Projet de recherche en didactique

Rozenn TEXIER-PICARD

Cette note, à destination des enseignants partenaires, présente le contexte, les objectifs et la méthodologie envisagée pour une recherche autour du TIPE de mathématiques en classe de MPSI. Cette recherche est un volet d'un projet plus large, démarré en 2020 dans le cadre d'un TER (travail d'étude et de recherche) du master « recherche en didactique » de l'UBO, et portant sur la construction du sentiment de compétence en mathématiques chez les étudiantes et étudiants en classe de MPSI. Il s'inscrit par ailleurs dans un projet de recherche CI-PHE¹ financé par la Maison des Sciences de l'Homme Bretagne.

1 Éléments de contexte

1.1 Synthèse des résultats obtenus dans le cadre du TER

Lors du TER (Texier-Picard, 2021), nous avons interrogé via un questionnaire en ligne administré en décembre 2020 les 135 élèves de trois classes préparatoires de mathématiques-physique-sciences pour l'ingénieur (MPSI) sur leur perception des enseignements de mathématiques et sur leurs stratégies d'apprentissage. Le questionnaire était adapté du « Motivated strategies for learning questionnaire » (MSLQ) proposé par (Pintrich et al., 1991). Nous avons recueilli 114 réponses et les avons analysées sur la base de scores définis par Pintrich et al. En particulier, nous reprenons de ces auteurs les définitions de l'auto-efficacité et de l'anxiété. L'auto-efficacité est définie comme une auto-évaluation de sa capacité à maîtriser une tâche, elle inclut les jugements sur sa propre capacité à accomplir cette tâche ainsi que la confiance dans ses propres compétences. S'agissant de l'anxiété,

¹Coopération et Investigation : Pratiques hybrides et équitables ; projet coordonné par Isabelle Kermen (CREAD, Université de Bretagne Occidentale) et Ghislaine Gueudet (Université Paris Saclay). Ce projet vise d'abord à étudier à quelles conditions il est possible de mener un enseignement orienté vers l'investigation scientifique, incluant un travail collectif des élèves, dans un contexte d'enseignement hybride et dans une perspective d'équité. Le projet CI-PHE a également pour objectifs d'évaluer la contribution d'un tel enseignement au développement de l'autonomie et de la créativité des élèves et des étudiants, et de relier les résultats de cette évaluation aux caractéristiques de l'enseignement.

nous nous limitons à l'anxiété relative aux évaluations des mathématiques, définie selon deux composantes : une composante cognitive (présence de pensées intrusives négatives qui réduisent la performance) et une composante émotionnelle (aspect affectif et manifestations physiologiques).

Les résultats de notre questionnaire font apparaître des différences significatives entre étudiantes et étudiants dans le domaine de l'anxiété, et dans une moindre mesure, dans le domaine de l'auto-efficacité (voir Figure 1). Ainsi, les étudiantes se disent en moyenne nettement plus anxieuses que les étudiants par rapport aux évaluations de mathématiques, et elles ont une auto-efficacité un peu moindre.

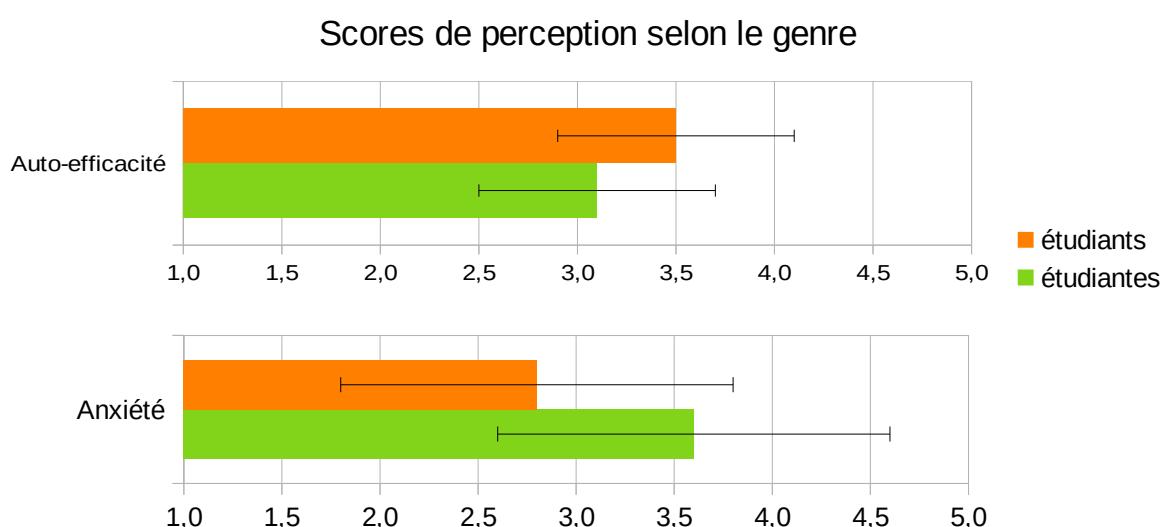


Figure 1: Scores de perception des enseignements selon le genre (sur une échelle de 1 à 5).

Les barres colorées représentent les valeurs moyennes et les segments noirs représentent les écarts-types de chaque série de données.

En complément de cette étude quantitative, des entretiens avec les enseignants de mathématiques et avec une étudiante (désignée EF1) et un étudiant (EG1) viennent apporter un éclairage complémentaire sur ces écarts constatés.

Il ressort de l'analyse des deux entretiens avec les élèves EF1 et EG1 que les habitudes de travail personnel de ces deux élèves diffèrent fortement. En particulier, l'élève EG1 dit avoir acquis une bonne aisance en mathématiques en prenant dès le collège l'habitude de consulter hors temps scolaire des livres ou des sites internet de vulgarisation des mathématiques, ce qui l'aurait aidé à développer son intuition et lui aurait permis de ne pas développer d'anxiété en mathématiques. Il semble par ailleurs avoir rapidement adopté des techniques de travail

personnel efficaces qui lui ont permis d'être très performant en mathématiques et de se concentrer sur la dimension formative des activités proposées. Pour l'élève EF1 au contraire, les premiers mois de classe préparatoire ont été très anxiogènes, et les techniques de travail personnel ont fait l'objet de multiples ajustements avant de parvenir à une forme permettant de répondre aux attentes.

1.2 Nouveaux questionnements

Mon souhait est de prolonger le travail en me centrant sur le travail d'intérêt personnel encadré (TIPE). En effet, ce dispositif, à bien des égards, se distingue de « l'ordinaire » des situations d'enseignement-apprentissage en classe préparatoire, mais aussi dans l'enseignement supérieur en général. En alliant investigation, travail de groupe, et temps long, il offre une forme originale : nous avons voulu nous demander dans quelle mesure elle peut contribuer à mettre en œuvre l'égalité entre étudiantes et étudiants. Ce questionnaire se base à la fois sur des travaux autour de la pédagogie de l'égalité, que nous présentons à la section 1.3, et sur des travaux récents portant sur différentes formes d'enseignement des mathématiques à travers l'investigation, que nous présentons à la section 1.4.

1.3 Genre en éducation et pratiques enseignantes

Divers travaux en sciences de l'éducation proposent des explications aux différences entre filles et garçons à l'école, dont certaines interrogent les pratiques enseignantes.

Parmi les mécanismes proposés, des travaux ont mis en évidence des différences selon le sexe des élèves dans leurs interactions avec les enseignant-e-s. (Mosconi, 2004) précise notamment : « Les méta-analyses récentes concluent [...] que les enseignant-e-s auraient en moyenne 44 % des interactions avec les filles et 56 % avec les garçons. Ils les interrogent plus souvent et plus longtemps, répondent plus à leurs interventions spontanées, leur donnent des consignes plus complexes, quand ils sont en position scolaire haute, les gratifient de plus d'encouragements et aussi de plus de critiques (Mosconi, 2001). » Les différences ne sont donc pas seulement quantitatives, elles sont aussi qualitatives. S'agissant des mathématiques, (Collet, 2015) précise : « Spécifiquement dans cette matière, les filles sont placées en position d'auxiliaires pédagogiques, en étant plus souvent sollicitées pour rappeler les savoirs déjà constitués alors que les garçons sont appelés à construire les savoirs nouveaux (Jarlégan, 1999 ; Mosconi & Loudet-Verdier, 1997). »

Selon Mosconi, cette intériorisation de stéréotypes s'exprime aussi fortement dans les évaluations : « Derrière ces différences de comportement didactique, il y a chez les enseignant-e-s des représentations et des attentes différentes, organisées par les stéréotypes de sexe. Les enseignants évaluent comportements et résultats selon un « un double standard », tolérant l'indiscipline des garçons, stigmatisant celle des filles, attribuant les performances scolaires des filles à leur travail et celle des garçons à leurs capacités, les considérant même comme « sous-réalisateurs » (ils « ne font pas tout ce qu'ils peuvent »), évaluant, dans les corrections en aveugle, les copies attribuées à des garçons, plus positivement, quand elles sont bonnes et plus sévèrement quand elles sont mauvaises (Desplats, 1989). »

Dans une perspective d'égalité filles-garçons, (Collet, 2015) invite à réfléchir à l'effet des « cours dialogués », dans lesquels « l'enseignant pose des questions qui appellent généralement une réponse unique et factuelle. Lorsqu'il obtient la bonne réponse, il pose une nouvelle question ; si la réponse proposée n'est pas celle attendue, il interroge un nouvel élève. » Ces pratiques, si elles sont favorables à l'avancée du temps didactique, ne sont pas nécessairement favorables aux apprentissages, car le rythme rapide des questions et réponses ne permet pas toujours une réflexion de fond. De plus, Collet montre que ces pratiques se font largement au détriment des filles, qui n'apprennent pas à mettre en valeur leurs compétences et restent très en retrait dans l'espace oral de la classe. Plutôt que des cours dialogués, Collet prône une « pédagogie de l'égalité » (Collet, 2016), se basant sur sept grands principes énoncés par (Lafortune, 1998), enrichis et déclinés par Collet dans une « Toile de l'égalité » (voir Figure 2).

1. Utiliser des documents variés afin que toutes et tous se sentent concerné-es ;
2. réagir aux paroles ou gestes pouvant dévaloriser une catégorie d'étudiantes ou étudiants ;
3. valoriser les émotions, la création, l'intuition, et l'imagination dans l'apprentissage des disciplines ;
4. utiliser des exemples et proposer des activités susceptibles d'intéresser l'ensemble des étudiant-es ;
5. démythifier les disciplines, les personnes qui les enseignent, et l'apprentissage des disciplines ;
6. utiliser des moyens pour permettre à toutes les étudiantes et à tous les étudiants de prendre la parole et de se sentir à l'aise pour parler ;

7. créer un climat propice à l'apprentissage, axé sur des modes coopératifs plutôt que compétitifs.



Figure 2: La toile de l'égalité selon Isabelle Collet

De son côté, (Poulain Gérald, 2020) se place dans une perspective didactique à l'école primaire, l'objectif étant « l'élaboration de situations didactiques favorisant, dès le début de leur scolarité, l'expérience chez les élèves de la symétrie des puissances d'agir fille-garçon ». Plus précisément, il s'agit de mettre en œuvre « une situation didactique où les responsabilités assumées par la fille dans le savoir co-écrire correspondent à celles du garçon, et réciproquement », ce qu'elle nomme « symétrie épistémique fille-garçon ».

Pour revenir au contexte des mathématiques en MPSI, on peut se demander dans quelle mesure le TIPE est une forme d'enseignement qui permet la mise en œuvre de la symétrie épistémique et des principes de pédagogie de l'égalité énoncés par Collet. Cette question nous amène au préalable à étudier de façon spécifique la place de l'investigation dans l'enseignement des mathématiques.

1.4 L'investigation dans l'enseignement des mathématiques

Peu présente dans l'enseignement des mathématiques en France, l'investigation a au contraire pris une place grandissante dans les approches pédagogiques au niveau « undergraduate » (correspondant au cycle licence), grâce à la création de centres financés par des fonds privés. On distingue deux principales approches : l'approche « Inquiry-Based Learning (IBL) », c'est-à-dire un apprentissage *basé sur l'investigation*, généralement en mode individuel, et l'approche « Inquiry-Oriented Instruction (IOI) », enseignement *orienté vers l'investigation*. Nous définissons ici les approches IBL et IOI, et présentons quelques résultats liés à leur impact sur les étudiantes et étudiants.

La pédagogie IBL est décrite de façon détaillée dans (Dawkins et al., 2019). La mise en œuvre de la démarche IBL, telle que décrite par l'enseignant, se base sur deux principales stratégies.

- D'une part, l'enseignant distribue un polycopié et invite les étudiant-es à chercher les problèmes et à démontrer des théorèmes, sans accès à d'autres ressources. Chaque jour, des étudiant-es présentent oralement leurs tentatives de démonstrations au groupe, qui doit se montrer respectueux. Les étudiant-es font des erreurs, et ont la possibilité de se corriger et apprendre de leurs erreurs. Chaque passage au tableau fait l'objet d'un feed-back différencié et bienveillant de l'enseignant, et est valorisé par des crédits. Le professeur réagit aux moments opportuns par des séquences de cours magistral, pour résumer ce qui a été démontré, le mettre en lien avec d'autres résultats, ou interroger les étudiant-es afin de vérifier que le savoir est bien assimilé.
- D'autre part, les étudiant-es sont invité-es à traiter un problème par semaine à l'écrit, de façon individuelle. Les problèmes sont de différents niveaux (facile, difficile ou « challenge »). Le travail est noté et rendu à l'étudiant-e la semaine suivante. En cas de mauvaise note, l'étudiant-e a la possibilité de reprendre son travail et le soumettre une nouvelle fois à l'enseignant, dans ce cas il est corrigé de nouveau, et la note retenue est la moyenne des deux notes.

La pédagogie IOI, telle que la décrivent (Kuster et al., 2019) ressemble à l'approche IBL ; l'enseignant-e distribue aux élèves une tâche conçue dans un objectif pédagogique, qui met les étudiant-es en situation de recherche. Pendant que les étudiant-es cherchent, l'enseignant-e « enquête » sur la façon dont leurs étudiant-es élaborent leurs raisonnements mathématiques,

puis sélectionne parmi leurs contributions celles qui seront les plus utiles pour faire progresser la classe vers l'objectif mathématique de la leçon. Ainsi, le cours se construit en alternant des phases de recherche et des phases où l'enseignant interroge des étudiant-es en leur demandant de présenter leurs raisonnements. Le but n'est pas d'évaluer la justesse des raisonnements, mais de comprendre comment les étudiant-es donnent du sens aux mathématiques en jeu. L'enseignant-e va ensuite choisir, parmi les contributions étudiantes, celles qui permettront d'avancer vers les objectifs de la leçon, et va éventuellement demander aux autres étudiant-es d'analyser, de préciser ou d'utiliser ces contributions, en proposant de nouvelles tâches. De plus, quand une idée importante est développée, l'enseignant-e peut inciter les étudiant-es à donner du sens à cette idée, afin de créer une compréhension partagée.

Enfin, à partir des idées et raisonnements informels des étudiant-es, l'enseignant-e construit des mathématiques formelles et standard, à la fois du point de vue des concepts, et des pratiques. Cela passe par une phase de généralisation des contributions étudiantes puis de mise en relation avec les mathématiques d'une communauté plus large, par exemple à travers l'invitation à lire un chapitre d'un manuel de mathématiques en lien avec les notions travaillées.

L'impact des méthodes IBL et IOI en fonction du sexe des étudiant-es a fait l'objet de plusieurs travaux que nous présentons ci-après.

(Laursen et al., 2014) étudient les impacts en termes d'apprentissages et en termes d'affects des cours IBL, en comparaison avec des cours non-IBL. Globalement, les étudiant-es des cours IBL rapportent des gains plus importants en termes cognitifs (compréhension et réflexion), en termes de confiance en soi, de motivation, et d'attitude positive envers les mathématiques, mais aussi des gains en termes de travail avec les autres, de demande d'aide. De plus, les cours IBL ne semblent pas pénaliser les étudiant-es dans la suite de leur cursus.

Que ce soit dans les cours IBL ou non-IBL, les performances des étudiantes et des étudiants sont statistiquement comparables. Mais lorsqu'on les interroge, les étudiantes des cours non-IBL rapportent des gains cognitifs et affectifs significativement inférieurs à ceux des étudiants. A contrario, dans le groupe IBL, les gains cognitifs et affectifs rapportés par les étudiantes sont statistiquement équivalents à ceux des étudiants, et leurs gains en termes de collaboration sont supérieurs. De plus, dans les cours IBL, l'intérêt des étudiantes pour poursuivre les mathématiques a augmenté, tout comme celui des étudiants, et leur confiance en soi a augmenté davantage que celle des étudiants, alors que la confiance en soi des

étudiantes non-IBL et leur motivation à poursuivre des études de mathématiques ont significativement baissé. Ainsi, l'approche IBL semble permettre un nivellement par le haut, en offrant une expérience pédagogique bénéfique pour les étudiantes et les étudiants, favorisant en particulier une meilleure confiance des étudiantes dans leur capacité.

S'agissant des méthodes IOI, (Johnson et al., 2020) étudient leur impact sur les performances des étudiant-es à travers un test de contenu, s'intéressant en particulier aux éventuelles différences selon le sexe des étudiant-es. Dans le groupe témoin, les auteurs ne notent pas de différence de performance significative selon le sexe lors du test. Par contre, dans le groupe IOI, les étudiants ont des résultats significativement supérieurs aux étudiantes, et également supérieurs aux étudiants du groupe témoin. Les résultats des étudiantes IOI et des étudiantes du groupe témoin ne diffèrent pas. L'introduction des cours IOI a donc généré une situation inéquitable en termes de genre, ce qui semble contredire les résultats de Laursen et al sur les cours IBL.

Pour expliquer ces divergences, Johnson et al. proposent l'hypothèse suivante. La routine de présentation orale par tous et toutes dans les cours IBL peut supprimer les barrières à une égale participation des étudiantes et étudiants, et ainsi favoriser la confiance et la réussite des femmes. À l'inverse, dans les cours IOI, le travail en petits groupes et les discussions en classe entière peuvent fournir des occasions pour l'émergence de microagressions et de biais implicites, conduisant notamment les enseignant-es à interroger moins fréquemment les étudiantes que les étudiants, et à reformuler et exploiter davantage les contributions des étudiants, ce qui produirait des inégalités dans les apprentissages.

2 Objectifs du projet

S'agissant du TIPE, la question centrale qui nous intéresse est celle de la symétrie des responsabilités prises par les étudiantes et les étudiants dans ce travail, et en particulier dans le type de tâches relevant de la production de « mathématiques authentiques », au sens utilisé par (Kuster et al., 2019), c'est-à-dire « des tâches exigeantes du point de vue cognitif telles que conjecturer, justifier et définir ».

Enfin, dans la lignée des travaux de (Laursen et al., 2014), nous souhaitons nous interroger sur les gains affectifs et cognitifs que les étudiantes et étudiants déclarent tirer de ce dispositif

didactique, et voir si ces gains déclarés peuvent être reliés aux caractéristiques de la situation d'enseignement-apprentissage.

Notre question de recherche se décompose donc en trois sous-questions.

QR1. Parmi les différents types de tâches du TIPE, quels sont ceux qui sont vus comme difficiles par les étudiantes et étudiants ? Les éventuels écarts de ressentis entre étudiantes et étudiants peuvent-ils refléter l'intériorisation de rôles de sexe ?

QR2. Dans le fonctionnement des groupes de TIPE en mathématiques, quelles responsabilités assument les étudiantes et étudiants, en particulier vis-à-vis des savoirs en jeu ? Y a-t-il des différences entre les groupes mixtes et non-mixtes ?

QR3. Quels gains affectifs et cognitifs rapportent les étudiantes et étudiants relativement au TIPE ? Ces gains peuvent-ils être reliés à la qualité du climat de travail, de l'engagement dans l'activité, et aux caractéristiques du travail collectif ?

3 Méthodologie envisagée

Pour répondre aux questions autour du TIPE, plusieurs approches complémentaires sont envisagées.

Dans un premier temps, le questionnaire administré en juin 2021 a permis d'interroger les étudiant-es sur leur perception du TIPE et des différents types de tâches qui y sont associés. Proposé de façon anonyme à l'ensemble des élèves des trois classes de MPSI, soit environ 135 élèves, le questionnaire a recueilli 70 réponses, soit un taux d'un peu plus de 50 %.

Nous souhaitons dans un second temps suivre quelques groupes pendant leurs séances de TIPE, idéalement un groupe mixte, un groupe non mixte constitué d'étudiants et un groupe non mixte constitué d'étudiantes. Pour chaque groupe, les données récoltées seront de différente nature. À ce stade, on peut envisager les données suivantes.

- Un document partagé en ligne pourra être créé pour chaque groupe, avec une double visée : une visée de travail collaboratif (leur permettre d'échanger entre eux entre les séances, se répartir les tâches et suivre l'avancement de chacune, faire un rapide CR de chaque séance de travail en commun), et une visée de recherche (permettre à la chercheuse de suivre également leur avancement et de voir qui prend en charge quelle tâche). Les groupes seraient notamment invités à cocher après chaque séance les types

de tâches auxquels ils ont contribué au cours de la séance (parmi une liste de types de tâches proposée), et ceux envisagés pour les séances à venir.

- Les écrits intermédiaires des étudiantes et étudiants (brouillons) pourront être numérisés et transmis à la chercheuse.
- Pour chaque groupe, deux séances de travail en groupe feront l'objet d'une captation vidéo et audio. Le choix de ces séances dépendra de contraintes de calendrier, mais il serait souhaitable de pouvoir enregistrer au moins une séance dans laquelle les groupes sont en situation de *produire* des mathématiques et non seulement de lire ou comprendre des mathématiques issues de leurs références bibliographiques. Chaque groupe avançant à un rythme différent, cela implique que les différents groupes ne soient pas nécessairement enregistrés à la même date. Pour la captation, la ou les caméras devront être placées de façon à être le moins invasives possible, pour ne pas perturber les prises de parole des étudiant-es. Les séances seront analysées sur la base d'une grille d'observation adaptée du projet CI-PHE.
- Des entretiens avec quelques étudiant-es, réalisés après les captations vidéo, permettront de recueillir leur perception sur le déroulement du travail, et de confronter les pratiques observées et leur discours sur ces pratiques.
- Un entretien avec l'enseignant peut également être envisagé après les captations, afin de recueillir sa perception sur le travail des différents groupes observés, et de questionner son positionnement dans les différents types de tâches.
- Un court questionnaire auprès des étudiant-es observé-es permettra de mesurer les gains cognitifs et affectifs perçus par les étudiant-es.

4 Bibliographie

- Collet, I. (2015). Faire vite et surtout le faire savoir. Les interactions verbales en classe sous l'influence du genre. *Revue internationale d'ethnographie*, 4, 6-22.
- Collet, I. (2016). *L'école apprend-elle l'égalité des sexes? Pour combattre les inégalités à l'école*. Belin.
- Dawkins, P. C., Oehrtman, M., & Mahavier, W. T. (2019). Professor Goals and Student Experiences in Traditional IBL Real Analysis : A Case Study. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 5(3), 315-336. <https://doi.org/10.1007/s40753-019-00095-4>
- Johnson, E., Andrews-Larson, C., Keene, K., Melhuish, K., Keller, R., & Fortune, N. (2020). Inquiry and Gender Inequity in the Undergraduate Mathematics Classroom. *Journal for Research in Mathematics Education*, 51(4), 504-516. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc-2020-0043>
- Kuster, G., Johnson, E., Rupnow, R., & Wilhelm, A. G. (2019). The Inquiry-Oriented Instructional Measure. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 5(2), 183-204. <https://doi.org/10.1007/s40753-019-00089-2>
- Lafortune, L. (1998). D'une pédagogie féministe en mathématiques à une pédagogie de l'équité. In C. Solar (Éd.), *Pédagogie et équité* (p. 131-162). Les Éditions Logiques.
- Laursen, S. L., Hassi, M.-L., Kogan, M., & Weston, T. J. (2014). Benefits for Women and Men of Inquiry-Based Learning in College Mathematics : A Multi-Institution Study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 45(4), 406-418. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.45.4.0406>
- Mosconi, N. (2004). Effets et limites de la mixité scolaire. *Travail, genre et sociétés*, N° 11(1), 165. <https://doi.org/10.3917/tgs.011.0165>
- Pintrich, P. R., Smith, D. A., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor.

Poulain Gérald, M. (2020). *Co-écriture fille-garçon en symétrie : Une ingénierie didactique coopérative pour concrétiser l'égalité des sexes au CP* [Thèse de doctorat]. Université Rennes 2.

Texier-Picard, R. (2021). *Genre et mathématiques en classe préparatoire sentiment de compétence et curricula personnellement vécus* [TER]. Université Bretagne Occidentale.