# Effet de deux modalités de présentations d'un problème dans un dispositif de classe inversée en mathématiques : progression et perception des apprenants
# Effect of two modalities of presentation of a problem in a flipped classroom in mathematics: progress and learners' perception

Laëtitia Dragone*, *Pauline Vanschoubroeck***, Gaëtan Temperman***, Bruno De Lièvre****

*laetitia.dragone@umons.ac.be, Service d'Ingénierie Pédagogique et Numérique éducatif, Université de Mons

***gaetan.temperman@umons.ac.be, Service d'Ingénierie Pédagogique et Numérique éducatif, Université de Mons

****bruno.delievre@umons.ac.be, Service d'Ingénierie Pédagogique et Numérique éducatif, Université de Mons

**Résumé :**

Les résultats de différentes enquêtes indiquent que les élèves âgés de 15 ans rencontrent généralement des difficultés lors de la résolution de problèmes mathématiques. Celles-ci trouvent origine dans les changements de registres sémiotiques s'opérant lors de ces résolutions, et plus particulièrement dans le domaine de la géométrie. En vue d'aider ces étudiants, un dispositif pédagogique a été créé, associant un support photo à l'ensemble des situations-problèmes rencontrées dans le théorème de Pythagore. Il s'insère dans un contexte de classe inversée, étant donné les bénéfices que celle-ci peut amener dans le cadre du cours de mathématiques. Afin d'évaluer les apports de ce dispositif sur la progression des sujets, il a été comparé à un autre qui, lui, ne contient pas de support photo dans les situations-problèmes.

**Summary :**

The results of various surveys indicate that 15-year-old students generally encounter difficulties in solving mathematical problems. These difficulties originate in the changes of semiotic registers that occur during these resolutions, and more particularly in the field of geometry. In order to help these students, a pedagogical device has been created, associating a photo support to the set of problem situations encountered in the Pythagorean theorem. It is part of a flipped classroom context, given the benefits that this can bring to the mathematics course. In order to evaluate the contributions of this device of progression, it was compared to another one which does not contain any photo support in the problem situations.

**Mots-clés : / Keywords :**

classe inversée ; résolution de problèmes ; géométrie ; théorème de Pythagore / flipped classroom / problem solving / geometry / Pythagorean theorem

## Introduction

La résolution de problèmes est source de difficultés pour bon nombre d'élèves. D'une part, la plupart des élèves sont paralysés à l'idée de devoir résoudre un problème (Focant, 2003). D'autre part, le processus de résolution est complexe pour les élèves (Fagnant & Demonty, 2004 ; Fagnant, Hindryckx, & Demonty, 2008). En effet, la résolution de problèmes nécessite de mobiliser au moins deux types de représentations sémiotiques différentes et est d'autant plus difficile dans le domaine de la géométrie. Tout énoncé d'une situation-problème en géométrie se présente sous la forme soit d'un texte accompagné d'une figure géométrique, soit exclusivement d'un texte (Duval, 2005). Ce dernier format est particulièrement complexe pour les apprenants qui doivent, dans un premier temps, passer par l'abstraction et l'élaboration d'images mentales pour se représenter la situation visuellement (Gravel, 2016; Stecker, 2016). De plus, la représentation d'une situation-problème est cruciale dans les étapes de résolution. Effectivement, si cette étape n'est pas réussie, l'apprenant ne parviendra pas à résoudre le problème qui lui est proposé (Fagnant & Demonty, 2004).

La pédagogie de la classe inversée offre la possibilité d'accorder davantage de temps de travail en classe sur ces situations-problèmes. À domicile, les élèves préparent la leçon et à l'école, le temps est laissé pour réaliser des tâches individuellement ou en groupes, avec l'aide de l'enseignant (Bergmann & Sams, 2014 ; Lecoq, Lebrun, & Kerpelt, 2016). Celui-ci tient donc le rôle d'accompagnateur et peut guider les élèves dans la résolution de problèmes (Bishop & Verleger, 2013 ; Bergmann & Sams, 2014 ; Canirez & Gardiès, 2019). Des études indiquent que la classe inversée peut être bénéfique en résolution de problèmes en mathématiques (Buch & Warren, 2017 ; Guilbault & Viau-Guay, 2017 ; Lo, Hew, & Chen, 2017).

## Ancrages théoriques

### *Théorème de Pythagore et difficultés des élèves*

Différentes études ont permis d'identifier plusieurs difficultés rencontrées par les élèves dans l'application et la démonstration du théorème de Pythagore. L'usage de lettres qui diffèrent de la formule mathématique initiale vue au cours peut perturber les apprenants (Perrin-Glorian & Robert, 2005). Lorsque l'élève note la formule mathématique, il peut omettre d'élever les variables au carré, ce qui rend la formule erronée (Hankelm & Hersant, 2020). En fonction de la position du triangle rectangle, cela peut être source de difficultés pour l'apprenant d'appliquer la formule mathématique. Ainsi, si le triangle est placé tel que l'hypoténuse soit horizontale, cela marquera une adaptation pour l'élève en début d'apprentissage (Robert, 2003). Une autre difficulté est l'application de ce théorème dans l'espace. Par exemple, dans une pyramide, les apprenants rencontrent des difficultés pour retrouver l'apothème et donc, ne savent pas appliquer le théorème correctement. Cette complexité tient du fait que l'élève ne parvient pas à se créer une image mentale de la situation (Tremblay, 2016).

### *Classe inversée*

La classe inversée est une pédagogie permettant aux élèves de découvrir une première approche de la matière en autonomie avant d'aborder une phase de travail en classe qui sera menée par l'enseignant (Lecoq et al., 2016). Le principe fondamental est de laisser les apprenants réaliser la leçon à la maison et les devoirs en classe. Les apprenants doivent donc préparer en autonomie un travail à domicile de bas niveau cognitif (lecture de documents, recherches sur Internet, visionnage de vidéos, manipulations de logiciels…). Les élèves, de retour en classe, utilisent ce temps pour travailler sur des tâches de niveau cognitif plus élevé. De nombreux auteurs s'accordent pour dire qu'il n'existe pas une seule façon de mettre en oeuvre la classe inversée. Bergmann et Sams (2014) déclarent même que *« la classe inversée n'existe pas»* (p.12). En effet, la classe inversée s'articule sous plusieurs types (Lebrun & Lecoq, 2015 ; Lebrun, Gilson, & Goffinet, 2016) qui peuvent s'utiliser de manière très souple en fonction du public d'élèves et des notions travaillées (Dufour, 2014). Dans notre recherche, nous avons mis en place un schéma classique *« Lectures at home and Homework in class »* (Lecoq, Lebrun, et Kerpelt, 2016).

*Usage du numérique en contexte de classe inversée*

Bien que l'utilisation des technologies ne soit pas essentielle, c'est un atout dans ce type de pédagogie (Dufour, 2014). L'usage du numérique constitue l'une des raisons de mettre en œuvre la classe inversée car elle est appropriée à l'apprentissage du XXIe siècle (Fulton, 2012). L'introduction d'une séquence à l'aide d'une vidéo se révèle plus efficace que la lecture d'un texte (Guilbault & Viau-Guay, 2017) et peut améliorer l'apprentissage (Bishop & Verleger, 2013). Les élèves peuvent visionner cette vidéo à tout moment, en plusieurs fois, comme rappel, lors de révisions, de remédiations ou de remises en ordre à la suite d'une absence (Laduron & Rappe, 2019). En outre, la vidéo met des éléments en action, ce qui offre aux apprenants une meilleure vision des procédures ou des démonstrations à reproduire (Laduron & Rappe, 2019). Dans le cadre de notre recherche, le recours à des logiciels de géométrie tels que GeoGebra permet aussi de montrer le dynamisme des éléments aux élèves et de mieux appréhender certains contextes comme la résolution de problèmes (Soury-Lavergne, 2020).

*Cours de mathématiques en contexte de classe inversée*

Dans leur méta-analyse, Lo, Hew, et Chen (2017) décrivent certains bénéfices à utiliser la classe inversée dans le cours de mathématiques. Premièrement, elle permet d'augmenter les interactions entre les étudiants et leur enseignant ou entre les étudiants et leurs pairs. De plus, les feedbacks sont plus nombreux qu'en classe traditionnelle. Aussi, les élèves ont davantage l'occasion d'exercer la compétence de résolution de problèmes. Dufour (2014) mentionne également les avantages du gain de temps en classe et une meilleure autonomie de la part des élèves. Quant à Buch et Warren (2017), ils ont montré dans leur expérimentation que les élèves qui ont suivi l'enseignement des mathématiques en contexte de classe inversée ont progressé à l'aide des devoirs en ligne. Enfin, concernant les différents types de classes inversées présentées par Lebrun et al. (2016), une prédominance du choix des professeurs dans l'utilisation du type 1 « La classe inversée originale » a été constatée pour la formation en mathématiques. En effet, l'utilisation de ce dispositif permet de nombreux avantages. En utilisant la classe inversée de type 1 en mathématiques, l'enseignant pourra se focaliser sur la résolution d'exercices et de situations-problèmes à réaliser en classe. Ainsi, il aura donc une meilleure vision des difficultés et des stratégies d'apprentissage utilisées par ses élèves (Fulton, 2012).

## Méthodologie

L'objectif de notre recherche est de mesurer l'effet de notre variable indépendante provoquée, le format de présentation du problème, sur la progression des apprenants. Compte tenu qu'une bonne représentation soit primordiale pour réussir à résoudre un problème (Fagnant et Demonty, 2004), mais qu'il est compliqué pour les élèves d'utiliser l'abstraction afin de se créer des images mentales de la situation-problème (Gravel, 2016 ; Stecker, 2016) et que la compréhension en lecture, compétence essentielle dans la résolution de problèmes, impacte le comportement des élèves en situations-problèmes (Schwab, 2012 ; Voyer & Goulet, 2014), il semble légitime de penser que les sujets qui bénéficient du format de présentation accompagné d'un support photo progressent davantage que ceux qui n'en bénéficient pas. À l'aide d'un support photo, l'apprenant ne devra pas passer par l'étape d'abstraction du problème et pourra directement s'appuyer sur la photo pour se représenter la situation.

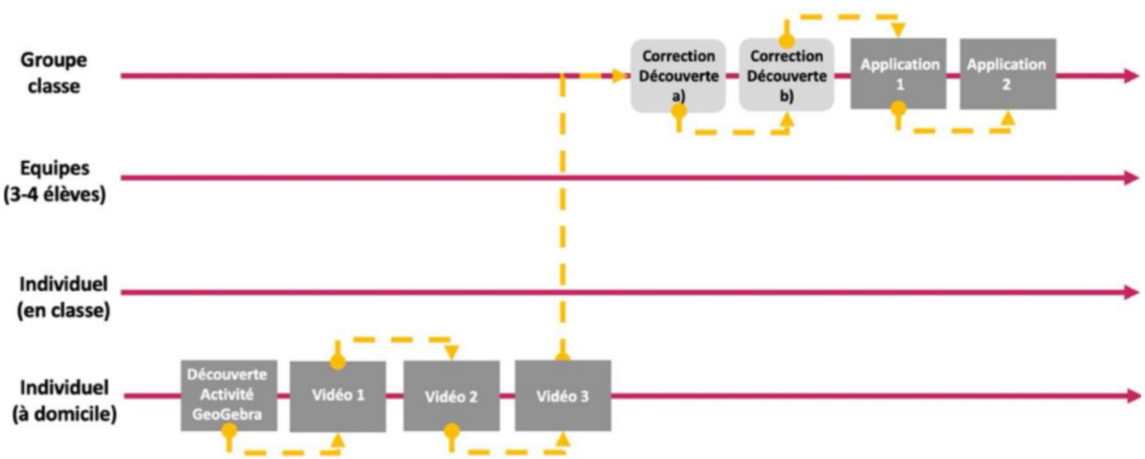
*Plan expérimental et description de notre échantillon*

Ce dispositif ne manipule qu'une seule variable indépendante, à savoir le « format de présentation des problèmes ». Afin d'évaluer la progression des apprenants, un prétest et un post-test leur sont proposés. Tous les items du questionnaire proviennent des épreuves externes non certificatives de la région francophone en Belgique et de la base de données EVAPMIB, qui regroupe environ 2000 questions mathématiques provenant d'études à grandes échelles, à l'instar de PISA. Il s'agit donc d'un plan classique à observations pré- et post-expérimentales. En ce qui concerne les perceptions des apprenants, le questionnaire d'opinion a été élaboré en se basant sur l'enquête PISA 2012 (OCDE, 2014). Trois dimensions ont été investiguées : la motivation, le sentiment d'auto-efficacité et l'anxiété. L'échantillon utilisé est dit occasionnel par la disponibilité des sujets. Compte tenu que le plan expérimental analyse l'effet d'une variable indépendante à deux niveaux, il est nécessaire d'utiliser deux groupes distincts. Les apprenants participant à notre expérimentation sont âgés de 14 ans et sont en troisième année du secondaire (3$^{e}$ collège en France). La taille de chaque groupe est identique, à savoir 22 élèves. Ces deux groupes ont reçu aléatoirement le niveau de la variable indépendante étudiée. L'échantillon est donc constitué de 44 individus.

*Protocole expérimental*

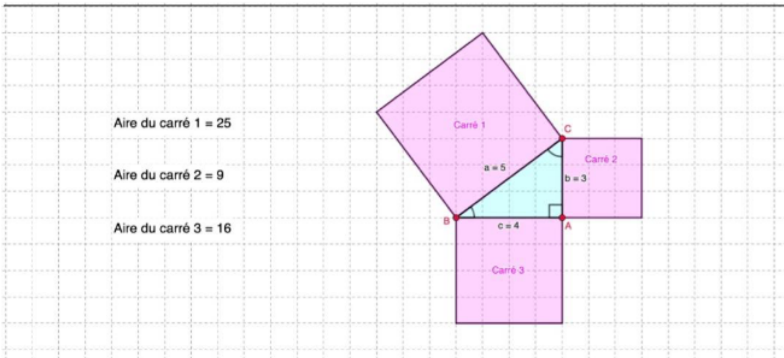
Cette recherche se déroule sur une durée de trois semaines, du 1er février au 22 février 2021. Le 1er février, les groupes ont passé le prétest. Ils ont ensuite suivi cinq séances d'apprentissage avant de passer le post-test le 22 février. Chaque séance nécessite chacune 50 minutes. En guise d'exemple, nous détaillons le déroulement de la première séance d'apprentissage comme l'indique la figure 1.

Figure 1 : Scénario de la séance 1



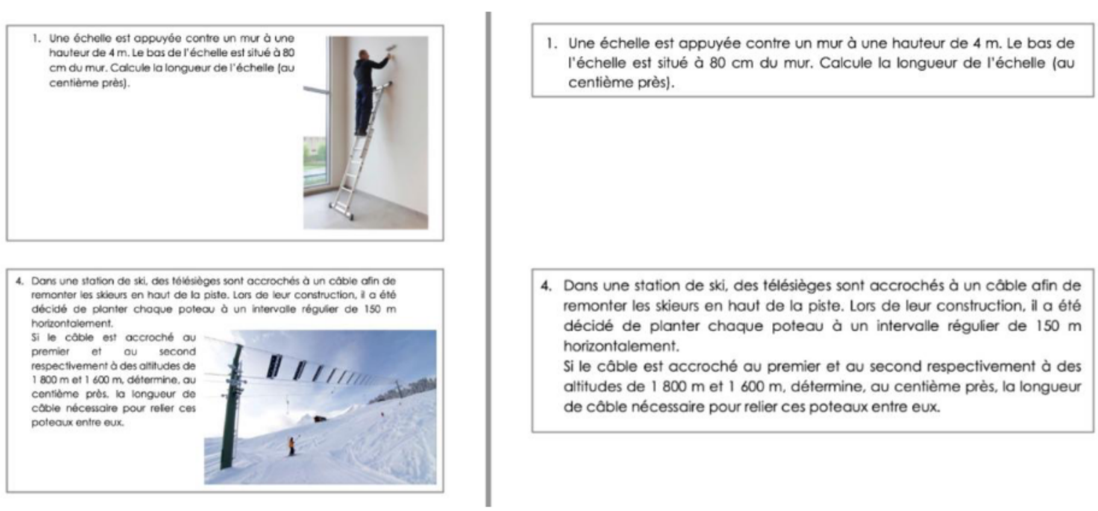

L'activité de découverte du théorème de Pythagore a été créée grâce au logiciel Geogebra. Les élèves doivent déplacer les sommets A, B et C afin de constater la relation qui existe entre les aires des carrés construits sur les côtés du triangle ABC.

Figure 2 : Activité de découverte du théorème de Pythagore via GeoGebra




Les élèves ont ensuite visionné 3 vidéos leur permettant de s'assurer de leur bonne compréhension de la notion découverte. Ces vidéos ont été créées en suivant les principes énoncées par Mayer (2008). Pour la première application, des illustrations de triangles rectangles sont proposées dont la mesure de la longueur d'un côté est à déterminer.Le triangle rectangle n'est pas positionné de la même manière sur chaque dessin. Il arrive que l'hypoténuse soit horizontale, ce qui peut engendrer des difficultés pour certains élèves (Robert, 2003). La seconde application est légèrement plus complexe puisqu'elle n'est pas accompagnée d'illustrations. L'apprenant doit réaliser un schéma représentant la situation. Bien que l'élève doive calculer la longueur d'un côté, la réalisation de cette tâche nécessite la compréhension du vocabulaire en lien avec le triangle rectangle afin que l'élève puisse se créer une image mentale de la situation, et ce, pour ensuite calculer la mesure de longueur du côté (Fagnant & Demonty, 2004 ; Gravel, 2016 ; Stecker, 2016). Différentes situations-problèmes ont été créées pour cette recherche. Les problèmes sont tous identiques. La seule différence réside dans le format de présentation des situations, le premier groupe ayant bénéficié d'un support photo comme l'illustre la figure 3.

Figure 3 : Deux versions des situations-problèmes




*Questions de recherche*

Nous répondrons aux questions de recherche suivantes par l'analyse descriptive et inférentielle des résultats récoltés au post-questionnaire mais également grâce à une analyse des gains entre les données obtenues avant et après le traitement: Quel est l'impact global du dispositif sur la progression des apprenants ? Les progressions des apprenants sont-elles différentes selon le format de présentation des problèmes ? Les perceptions des apprenants sont-elles en lien avec leurs progressions ?

**Résultats**

Concernant la progression globale des apprenants, le gain relatif moyen est supérieur à 40 % (66,5%), ce qui signifie que le dispositif a eu un réel impact sur l'apprentissage des sujets (Temperman et al., 2010). La loi normale n'étant pas respectée, le test « T de Wilcoxon » a été choisi pour vérifier l'impact global du dispositif sur la progression des apprenants. Celui-ci montre une augmentation globale significative des résultats des élèves entre le prétest et le post-test ($Z = -5{,}783$ ; $\rho < 0{,}001$). Pour ce qui est de la progression des apprenants selon le format de présentation du problème, l'analyse des gains relatifs montre un apprentissage réel dans les deux groupes, car ces gains sont tous supérieurs à 40 %. Les gains relatifs moyens sont meilleurs dans le groupe ayant disposé d'un support photo (68,94 %) que dans le groupe n'ayant reçu aucun support (64,20 %). Toutefois, il n'y a pas de différence significative entre les groupes ($t = 0{,}988$ ; $\rho = 0{,}329$) quant à leur moyenne. En outre, nous constatons un lien significatif positif, mais faible, entre la progression des élèves et leur sentiment d'auto-efficacité ($r = 0{,}303$ ; $\rho = 0{,}046$). Plus les élèves progressent, plus ils se sentent performants. La proportion de variance assignée à ce constat est relativement faible ($r^2 = 0{,}0918$), ce qui signifie que seulement 9,18 % de la variabilité des gains est imputable à la perception des apprenants quant à leur sentiment d'auto-efficacité

**Discussion et conclusion**

Afin d'aider ces jeunes à dépasser leurs difficultés dans le cadre de la résolution de problèmes, il a donc été décidé de créer un dispositif associant les situations-problèmes à un support photo. Celui-ci a été comparé à un dispositif où les situations étaient présentées sous forme de texte uniquement. L'hypothèse de recherche était donc la suivante : « Le format de présentation des problèmes impacte la progression et les perceptions des apprenants soumis au dispositif pédagogique de classe inversée proposé à travers le théorème de Pythagore ». Pour rappel, le choix s'est porté sur l'utilisation de la classe inversée afin de bénéficier de tous les avantages qu'elle pouvait apporter aux élèves dans le cours de mathématiques (Dufour, 2014 ; Buch & Warre, 2017 ; Guilbault & Viau-Guay, 2017 ; Lo et al., 2017). En ce qui concerne la progression des élèves, le dispositif mis en place pour faire découvrir le théorème de Pythagore aux apprenants semble probant sur le plan pédagogique car il a permis une augmentation significative des résultats au post-test de la part de l'ensemble des apprenants. En effet, l'utilisation du logiciel GeoGebra pour la découverte et la démonstration de ce théorème a permis une meilleure visualisation des éléments grâce aux images dynamiques (Soury-Lavergne, 2020). De plus, ce medium a aidé les élèves à dépasser le stade de la visualisation non iconique (Duval, 2017). Cette notion de décomposition en vue d'une reconfiguration méréologique est donc simplifiée. Bien que la littérature envisageait un apport positif d'un support photo en résolution de problèmes pouvant ainsi diminuer le niveau d'abstraction et aider l'apprenant à se représenter plus aisément une image mentale en vue d'une schématisation simplifiée (Fagnant & Demonty, 2004 ; Gravel, 2016 ; Stecker, 2016), le support photo utilisé ici n'a pas été plus bénéfique aux élèves. En effet, même si les analyses descriptives montrent que le groupe disposant d'un support photo obtient de meilleurs gains relatifs moyens entre le prétest et le post-test comparé à l'autre groupe, cette différence n'est pas significative sur le plan inférentiel.

## Bibliographie


Bergmann, J., & Sams, A. (2014). *La classe inversée* (W. Piette, Trad.). Canada : Reynald Goulet inc.

Bishop, J. L., & Verleger, M. (Janvier, 2013). The Flipped Classroom : A Survey of the Research [diaporama]. American Society for Engineering Education, Atlanta, Etats-Unis.

Buch, G.R., & Warren, C.B. (2017). The Flipped Classroom : Implementing Technology To Aid In College Mathematics Student's Success. *Contemporary Issues in Education Research (CIER), 10*(2), 109-116. https://doi.org/10.19030/cier.v10i2.9921

Canizares, A., & Gardiès, C. (2019). Regard informationnel sur la capsule vidéo : le cas d'une classe inversée en information-documentation. *I2D – Information, données & documents*, (1), 95-113. https://doi.org/10.3917/i2d.191.0005

Dufour, H. (2014). La classe inversée. *Technologie, 193*, 44-47. https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/6508/6508-193-p44.pdf

Duval, R. (2005). Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. *Annales de didactique et de sciences cognitives, 10*, 5-53. https://mathinfo.unistra.fr/websites/math-info/irem/Publications/Annales_didactique/vol_10/adsc10-2005_000.pdf

Duval, R. (2017). *Understanding the Mathematical Way of Thinking – The Registers of Semiotic Representations*. Cham : Springer.

Fagnant, A., & Demonty, I. (2004). Résoudre des problèmes : pas de problème ! *Bulletin d'informations pédagogiques, 56*, 13-21. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/79763/1/FAGNANT-DEMONTY-2004-BIP- 56-pp.13-21.pdf

Fagnant, A., Hindryckx, G., & Demonty, J. (2008). La résolution de problèmes au cycle 5-8. *Bulletin d'informations pédagogiques, 60*, 3-14. https://www.researchgate.net/publication/280697811_La_resolution_de_probleme_au_cycle_5- 8_Presentation_d%27un_outil_methodologique_a_l%27usage_des_enseignants

Focant, J. (2003). Impact des capacités d'autorégulation en résolution de problèmes chez les enfants de 10 ans. *Education et francophonie, 31*(2), 45-64. https://www.acelf.ca/c/revue/pdf/ACELF_XXXI_2.pdf

Fulton, K.P. (2012). 10 reasons to flip. *The Phi Delta Kappan, 94*(2), 20-24. https://doi.org/10.1177/003172171209400205

Gravel, M.-P. (2016). *Les habiletés visuo-spatiales utilisées par des élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques* [mémoire de licence inédit]. Université du Québec à Trois-Rivières, Québec.

Guilbault, M., & Viau-Guay, A. (2017). La classe inversée comme approche pédagogique en enseignement supérieur : état des connaissances scientifiques et recommandations. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur, 33*(1). https://doi.org/10.4000/ripes.1193

Hankelm, C., & Hersant, M. (2020). Processus de modélisation et processus de problématisation en mathématiques à la fin du lycée. Une étude de cas dans une perspective de didactique comparée. *Éducation et didactique, 14*(3), 39-67. https://doi.org/10.4000/educationdidactique.7776

Laduron, C., & Rappe, J. (2019). Vers une typologie des usages pédagogiques de la vidéo basée sur l'activité de l'apprenant [diaporama]. Éducation 4.1 – Distances, médiation des savoirs et des formations, Poitiers, France

Lebrun, M., & Lecoq, J. (2015). *Classes inversées : enseigner et apprendre à l'endroit !* Poitiers : Canopé.

Lebrun, M., Gilson, C., & Goffinet, C. (2016). Vers une typologie des classes inversées. Contribution à une typologie des classes inversées : éléments descriptifs de différents types, configurations pédagogiques et effets. *Education & Formation, 306*, 126-146. https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:183211

Lecoq, J., Lebrun, M., & Kerpelt, B. (2016). La classe à l'envers pour apprendre à l'endroit. *Les cahiers du LLL, 1*. https://uclouvain.be/fr/etudier/lll/cahier-classe-inversee.html

Lo, C. K., Hew, K. F., & Chen, G. (2017). Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms : A synthesis of research in mathematics education. *Educational Research Review, 22*, 50-73. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.002

Mayer, R. E. (2008). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American Psychologist, 63*(8), 760-769. https://doi.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F0003-066X.63.8.760

OCDE. (Ed.). (2014). *Résultats du PISA 2012 : Des élèves prêts à apprendre : Engagement, motivation et image de soi (Volume III).* Paris : OCDE.

Perrin-Glorian, M.-J., & Robert, A. (2005). Analyse didactique de séances de mathématiques au collège: pratiques d'enseignants et activités mathématiques d'élèves. *Les dossiers des sciences de l'éducation, 14*, 95-110. https://doi.org/10.3406/dsedu.2005.1211

Robert, A. (2003). Un point de vue sur les spécificités du travail géométrique des élèves à partir de la quatrième: l'organisation des connaissances en niveaux de conceptualisation. *Petit x, 63*, 7-29. https://irem.univ-grenoble- alpes.fr/medias/fichier/63x1_1562578701693-pdf

Schwab, C. (2012) Résolution de problèmes mathématiques et registres de langage. Dans *Actes du Colloque « EMF2012 - Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21e siècle* », Genève, Université de Genève , 3-7 février 2012 (1671–1680).

Soury-Lavergne, S. (2020). *La géométrie dynamique pour l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques*. Paris : Cnesco.

Stecker, S. (2016). La schématisation en résolution de problèmes mathématiques au CM2 : aide cognitive ou obstacle ? (Mémoire). Université Paris-Est Créteil, Paris.

Tremblay, S. (2016). Les rôles de la perception, de la visualisation et des connaissances spatiales dans la compréhension du volume des solides usuels, de ses formules et de son calcul (Mémoire). Université du Québec, Montréal.

Voyer, D., & Goulet, M.-P. (2014). La compréhension de problèmes écrits d'arithmétique au regard de l'habileté en lecture d'élèves de sixième année (11 ans). *Revue des sciences de l'éducation, 39*(3), 419-513. https://doi.org/10.7202/1026310ar