

IMPACT DE L'ENSEIGNANT SUR LES PROCÉDURES DES ÉLÈVES DANS UN JEU

| LUDIER* ISABELLE

Résumé | Cette présentation examine l'influence des pratiques pédagogiques des enseignants sur les procédures mathématiques des élèves utilisant le jeu éducatif Mathador. Les résultats montrent que les enseignants centrés sur la performance favorisent des stratégies de surface, tandis que ceux orientés vers l'apprentissage encouragent l'acquisition de connaissances plus profondes. L'intégration du jeu dans l'enseignement dépend des intentions pédagogiques.

Mots-clés : pratiques pédagogiques, jeu, procédures élèves

Abstract | This presentation examines the influence of teachers' pedagogical practices on the mathematical procedures of students using the educational game Mathador. The results show that performance-focused teachers tend to promote surface-level strategies, while those who prioritize learning encourage the acquisition of deeper knowledge. The integration of the game into teaching is dependent on the teachers' pedagogical intentions.

Keywords: Pedagogical practices, game, student procedures

L'influence de l'enseignant sur les apprentissages des élèves est un sujet fondamental, notamment dans le cadre de l'étude de l'efficacité de l'enseignement. Comme le souligne Rogalski (2007, p.6), un enseignant de mathématiques efficace ne se mesure pas uniquement au « pourcentage d'élèves capables de résoudre des équations algébriques de premier degré à la fin de l'année scolaire ». En effet, les résultats des élèves dépendent également de leur niveau initial et de l'ensemble de leurs acquis antérieurs. Cette complexité rend difficile l'évaluation de l'efficacité pédagogique en raison de la diversité des conditions de départ et des objectifs d'apprentissage visés.

Par ailleurs, l'enseignement par le jeu est fortement recommandé dans les programmes éducatifs actuels, soulignant l'importance de la motivation des élèves dans leurs apprentissages. Une question importante est de savoir si les élèves exploitent pleinement les possibilités mathématiques offertes par le jeu et comment les enseignants peuvent faciliter cette rencontre. Le jeu « Mathador », développé en France, largement utilisé dans les classes françaises a servi de support à cette étude. Ce choix présente un intérêt du fait que les procédures dans le jeu ne font pas partie d'un enseignement traditionnel, ce qui place tous les élèves sur un pied d'égalité quant aux conditions de départ.

Dans ma thèse soutenue en 2022, j'ai démontré que les élèves utilisent principalement des connaissances mathématiques minimales pour résoudre les tâches proposées par ce jeu. Poursuivant mes recherches, mon travail s'est orienté vers l'étude de l'influence des pratiques des enseignants sur les procédures utilisées par les élèves dans le cadre du jeu Mathador. Cette analyse vise à comprendre comment les différentes approches pédagogiques et didactiques peuvent moduler les stratégies et les compétences mathématiques mobilisées par les élèves, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de l'efficacité de l'enseignement par le jeu.

* CYU Université et Ldar – France – isabelle.ludier@cyu.fr

I. MÉTHODOLOGIE

1. *Le logiciel Mathador*

Le logiciel Mathador propose aux élèves des tirages de nombres avec un objectif de construire un nombre cible en utilisant les quatre opérations de base. Chaque opération est associée à un score : 1 point pour une addition ou une multiplication, 2 points pour une soustraction et 3 points pour une division. L'utilisation des quatre opérations dans le même calcul rapporte 13 points. Par exemple, avec le tirage 1-1-6-4-7 $\rightarrow$ 18, différentes solutions peuvent être trouvées, chacune rapportant un score différent selon les opérations utilisées.



Figure 1 – Tirage 1-1-4-6-7 $\rightarrow$ 18

2. *Cadre théorique et problématique*

Cette étude s'appuie sur l'articulation de deux analyses développées dans ma thèse : la première porte sur les procédures des élèves dans le jeu Mathador, et la seconde sur les pratiques des enseignants utilisant ce jeu. Ce dispositif méthodologique a été conçu pour croiser des données quantitatives et qualitatives, offrant ainsi une vision complète des interactions entre pratiques enseignantes et procédures des élèves.

La première analyse débute par une analyse a priori des différentes procédures possibles dans le jeu Mathador. Ces procédures ont été classées en fonction des connaissances nécessaires à leur mise en œuvre, en s'inspirant des travaux de Butlen (2007) sur le calcul mental. Cette analyse a permis de créer un ensemble d'indicateurs pour coder et analyser les procédures utilisées par les élèves. Les data de jeu (traces de l'activité des élèves) représentent plusieurs centaines de milliers de calculs. En identifiant les procédures et les connaissances mobilisées par les élèves, cette approche offre un cadre structuré pour évaluer les compétences mathématiques mises en œuvre lors des activités de jeu.

La seconde analyse porte sur les pratiques des enseignants, étudiées dans le cadre de la double approche et en s'appuyant sur le concept de « i-genre » développé par Butlen (2009). Les trois « i-genres » identifiés reflètent des routines pédagogiques distinctes, influençant directement les stratégies pédagogiques des enseignants. Les deux premiers « i-genres » privilégient des approches individualisées, centrées sur un découpage des tâches, avec peu ou pas de problèmes engageant l'élève dans une réelle recherche. En revanche, le troisième « i-genre » se distingue par l'introduction de problèmes consistants, impliquant une recherche autonome de la part des élèves, suivie de phases collectives de synthèse, d'institutionnalisation et d'activités de réinvestissement. En complément, le concept de double genèse instrumentale (Tapan, 2006 ; Venant, 2015) apporte un éclairage différent sur les pratiques des enseignants en lien avec l'outil Mathador. Pour intégrer un outil comme Mathador dans leur enseignement, les enseignants doivent développer une double compétence : une instrumentation technique, leur permettant de maîtriser le logiciel pour résoudre eux-mêmes des tâches

mathématiques, et une instrumentation didactique, leur permettant de le transformer en un support pédagogique adapté aux apprentissages des élèves.

Cette articulation entre les logiques pédagogiques des enseignants et leur appropriation technique et didactique de l'outil soulève une question centrale : comment ces choix influencent-ils les comportements des élèves face au jeu Mathador ? Cette problématique guide notre étude, en examinant l'impact des pratiques enseignantes sur les procédures et les apprentissages des élèves.

3. *Méthodologie des analyses*

Les pratiques de 9 enseignants (sur une ou deux années) ont été analysées pour un total de 40 séances. Ces enseignants ont été sélectionnés par des partenaires du projet, en veillant à inclure des profils variés (zones favorisées et défavorisées). Les données ont été collectées par le biais d'enregistrements vidéo et d'observations directes des séances, combinant des sessions avec le logiciel Mathador et des activités sans support numérique. La première séance de l'année a été particulièrement étudiée afin de comprendre quelles connaissances étaient dispensées par les enseignants : connaissances portant sur les règles du jeu, les procédures mathématiques nécessaires, ou encore les compétences liées à l'utilisation du logiciel. Deux autres types de séances autour du logiciel ont été observées : des séances où les élèves utilisent le logiciel et d'autres séances, plus rarement observées, créées autour du logiciel où l'enseignant tire les nombres outils et la cible avec des dés ou encore écrit le tirage au tableau.

Cette analyse des pratiques des enseignants avec le jeu Mathador a permis de mettre en évidence trois logiques distinctes d'enseignants, définies comme des approches pédagogiques reflétant leurs priorités : maximisation du score (logique de joueur), exploration indépendante (logique numérique), ou approfondissement des connaissances mathématiques (logique d'apprentissage).

Suite aux deux analyses préliminaires, les trois enseignants les plus représentatifs de ces trois logiques identifiées ont été sélectionnés. Les données des élèves de ces enseignants ont ensuite été analysées avec les indicateurs précédemment codés pour évaluer l'impact des différentes pratiques pédagogiques sur les procédures utilisées par les élèves dans le jeu Mathador.

Dans le paragraphe suivant, je vais exposer les principaux résultats obtenus dans ma thèse concernant les procédures utilisées par les élèves. Je détaillerai également les différentes logiques d'enseignants observées et leur influence sur les procédures des élèves.

II. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

1. *Résultats de l'analyse a priori et des data de jeu*

L'analyse a priori des tâches proposées par le logiciel a montré qu'il n'y avait pas de corrélation entre le score dans le jeu et les connaissances mobilisées par les élèves pour résoudre la tâche proposée, ainsi que la possibilité d'utiliser des stratégies de surface pour augmenter le score. Nous explicitons ces résultats avec le tirage $1 - 1 - 4 - 6 - 7 \rightarrow 18$ servant de tirage de référence. Huit chemins permettent de le résoudre :

- Un chemin additif (A) ne mobilisant que des additions et des soustractions, par exemple en effectuant $4 + 6 + 7 + 1$. Cette solution donne un score de 3 points. En effectuant une division par « 1 » à n'importe quelle étape, le score est augmenté de 3 points, sans pour autant utiliser de nouvelles connaissances (autres que multiplier ou diviser par « 1 ») : c'est une stratégie de surface.

- Le chemin en « 6x4 » (Multiplicatif Simple) qui est obtenu en multipliant deux nombres outils, par exemple : $6 \times 4 - 7 + 1$. En effectuant une division par « 1 », un coup Mathador (utilisation des quatre opérations dans le même calcul, il donne un score de 13 points) est obtenu.
- Le chemin en « 6x3 » (Multiplicatif Complexe abréviation (MC)) qui demande de construire le nombre 3 : par exemple en effectuant $(4 - 1) \times 6$.
- Le chemin en « 7x2 » (MC) qui demande de construire le nombre 2 : par exemple en effectuant $(1 + 1) \times 7 + 4$. Cette solution apporte 3 points dans le jeu.
- Le chemin en « 2x9 » (MC) qui demande la création des deux nombres 2 et 9 : par exemple $(6 - 4) \times (7 + 1 + 1)$.
- Les chemins en « 5x5 » : $(4 + 1) \times (6 - 1) - 7$ et en « 3 x8 » : $(4 - 1) \times (7 + 1) - 6$ (MC) qui demandent la création de deux nombres.

Ces chemins ont été hiérarchisés en fonction de leur coût en connaissances, ce qui donne une échelle différente de celle obtenue en classant ces chemins en fonction du score qu'ils procurent dans le jeu. Cette analyse a également mis en évidence la possibilité pour l'élève d'utiliser trois niveaux de connaissances pour résoudre un même tirage. Ces différents niveaux ont été définis en référence à la typologie de Robert (1998) – adapté dans le cadre de cet outil numérique-.

Une connaissance est **activée** lorsque l'élève est amené à la fréquenter et ceci qu'elle fasse ou non partie de ses connaissances préalables. Par exemple, le chemin en « 6x4 » active des connaissances, l'élève multiplie deux nombres outils et le calculateur intégré au logiciel lui fournit le résultat.

Une connaissance est **convoquée** lorsqu'un indice implicite permet de l'inciter à l'utiliser. Par exemple, avec le chemin en « 6x3 », l'élève peut faire le lien entre le nombre cible 18 et le nombre outil 6.

Une connaissance est **disponible** lorsqu'elle est utilisée spontanément. Par exemple, pour emprunter le chemin en « 2x9 » l'élève doit connaître la décomposition multiplicative $18 = 2 \times 9$ pour construire les nombres 2 et 9.

Une conclusion intermédiaire est que le score dans le jeu ne favorise pas l'utilisation des connaissances les plus riches. Cette analyse a priori et cette typologie de connaissances ont également permis de construire des indicateurs permettant d'analyser les données de jeu. Les analyses des données (2 fichiers de 200 000 tirages) ont montré que pour ce tirage plus de 80 % des élèves utilisent des connaissances basiques basées sur les structures additives ou du niveau de connaissances relevant de l'activation en multipliant deux nombres outils.

2. Résultats portant sur les pratiques des enseignants

Trois types de connaissances, correspondant aux trois composantes du jeu Mathador, sont nécessaires à la genèse instrumentale des élèves et des enseignants : les connaissances portant sur les règles du jeu, les connaissances informatiques, et les connaissances mathématiques. Cependant, les enseignants ne disposaient pas des procédures de résolution des tirages, les niveaux de connaissance n'étaient pas explicités ; l'enseignant était donc obligé par lui-même de se faire une représentation des diverses procédures de résolution dans le jeu.

Aucun enseignant observé n'a proposé une synthèse sur les différentes manières de résoudre les tâches. Les conseils les plus fréquemment donnés se limitaient à des recommandations générales, telles

que « multiplier deux grands nombres » ou « essayer de faire une division » ou encore des recommandations portant sur la manière d'augmenter le score.

Les analyses effectuées dans le cadre de la double approche ont montré trois logiques d'enseignants.

Logique de joueur

Cette approche met l'accent sur le score, aussi bien lors du jeu en ligne que durant les phases d'institutionnalisation. Les enseignants adoptant cette logique se concentrent sur l'explicitation de stratégies de surface destinées à maximiser le score sans pour autant inciter à l'utilisation de nouvelles procédures de calcul. Par exemple, l'enseignant J. donne le tirage 3, 1, 5, 4, 8 $\rightarrow$ 11 et demande aux élèves de le résoudre en deux temps : d'abord rapidement, puis en prenant plus de temps pour augmenter le score. Lors de la première phase, deux solutions sont trouvées : « $8+3$ » et « $(8+3) / 1$ », indiquant que la division par 1 est automatisée pour ces élèves. Pendant la deuxième phase, deux coups Mathador sont produits : « $(8+3) \times (5-4)$ », une sophistication de la combinaison additive précédente, et « $(3 \times 5 - 8) + 4 / 1$ », obtenue par la multiplication de deux nombres outils. L'enseignant encourage les élèves en soulignant ces stratégies superficielles : « Ah, excellent ! Il aurait pu me dire quoi ? Il n'y a pas longtemps il m'aurait dit 14 fois 1, il a pensé à diviser, c'est bien. » ou « Souvent on part de la même base et puis on modifie la fin. »

Logique d'apprentissage

Cette approche privilégie l'acquisition de connaissances, notamment en lien avec le calcul mental. Par exemple, l'enseignant A. propose le tirage 2, 3, 5, 8, 17 $\rightarrow$ 50 et commence par inscrire le nombre cible au tableau avant de donner les nombres outils, invitant les élèves à explorer différentes décompositions du nombre cible. Lors de la mise en commun, il ne se focalise pas sur le score mais sur les stratégies utilisées, comme une solution nécessitant la création d'un facteur, issue d'une décomposition multiplicative de 50 : « $(17 + 8) \times 2$ ». L'enseignant interroge l'élève sur sa démarche et l'invite à réfléchir sur d'autres méthodes, telles que « 5 fois 10 » comme une « manière simple d'obtenir le résultat ». Un élève propose alors « $(2 + 8) \times 5$ », qui était la solution recherchée par l'enseignant.

Logique de confiance dans le numérique

Dans cette approche, les enseignants se reposent entièrement sur le logiciel pour les apprentissages, sans interaction directe avec les élèves concernant le score ou les procédures de calcul. Aucune séance spécifique n'est dédiée à Mathador sans le logiciel, l'élève doit effectuer seul le lien avec les apprentissages. Ce type de logique, caractérisé par une absence d'intervention directe de l'enseignant, constitue une référence pour analyser et comprendre les procédures spontanées des élèves.

III. ANALYSE DE L'INFLUENCE DE L'ENSEIGNANT SUR LES PROCÉDURES DES ÉLÈVES

1. Méthodologie

Parmi les trois enseignants les plus représentatifs des trois logiques, deux interviennent en classe de 6^e, tandis que le troisième enseigne en CM1/CM2. Nous avons fait ce choix, malgré la différence de niveau car dans notre panel A. était le seul à montrer une logique d'apprentissage marquée.

- **J.** (logique de joueur), enseignant de 6^e, avec 22 élèves et 4 542 tirages.
- **N.** (logique de confiance dans le numérique), enseignant de 6^e, avec 40 élèves (de deux classes) et 6 694 tirages.

- **A.** (logique d'apprentissage), enseignant de CM1/CM2, avec 28 élèves et 9 100 tirages.

L'analyse des procédures des élèves a permis d'explorer deux aspects principaux : le côté « joueur » des élèves et le côté « apprentissage ».

Le côté « joueur » a été évalué en observant plusieurs indicateurs : le pourcentage de coups Mathador, le score moyen, l'utilisation du multiplicateur x1, l'utilisation de la division par 1, ainsi que le nombre de retours (situations où l'élève reprend son coup, les calculs étant pris en charge par l'ordinateur).

Pour le côté « apprentissage », les indicateurs retenus sont le pourcentage de décompositions multiplicatives des nombres cibles, ainsi que le pourcentage des décompositions multiplicatives du nombre cible utilisées par les élèves dans les différentes procédures.

2. Résultats

Analyse des indicateurs relatifs au comportement de « joueur »

Les indicateurs relatifs au comportement « joueur » des élèves ont donné les résultats suivants :

Tableau 1 – Résultats relatifs au côté « joueur ».

	Coups Mathador (%)	score moyen	x1 %	Div1 %	% utilisation de 1	N/N %	Back %
N.	5,8	9,2	5,6	13,0	16,7	0,3	71,3
J.	15,9	11,0	15,9	33,4	37,0	6,3	127,1
A.	6,1	9,4	3,8	16,6	18,8	3,8	66,3

Les pourcentages sont exprimés en fonction du nombre de calculs effectués par les élèves de chacun des enseignants. « Coups Mathador » correspond au pourcentage de coups Mathador ; « x 1 » correspond au pourcentage de multiplications par 1 effectuées, « div 1 » correspond au pourcentage de divisions par 1 effectuées ; « Utilisation de 1 » correspond au pourcentage d'utilisation du nombre 1 avec une multiplication ou une division ; « N/N » correspond au pourcentage d'utilisation de la division d'un nombre par lui-même ; « Back » correspond au pourcentage d'utilisation de la touche retour qui efface le dernier calcul.

Ces résultats montrent que le côté « joueur » est particulièrement prononcé chez les élèves de l'enseignant J. Tous les indicateurs révèlent une forte recherche du score, ce qui se traduit par un nombre plus important de coups Mathador et un score moyen plus élevé que dans les classes des deux autres enseignants (qui ont des résultats relativement similaires concernant le score moyen, le nombre de coups Mathador, le pourcentage d'utilisation du nombre 1 et l'utilisation de la touche « back »). L'utilisation répétée du nombre 1, souvent utilisé plusieurs fois dans un même calcul, est notable chez les élèves de J., car elle permet d'augmenter le score. Ces élèves créent fréquemment ce nombre 1 pour l'utiliser dans leurs calculs.

De plus, le pourcentage de reprises de calculs (« back ») est deux fois plus élevé dans la classe de J. que dans celle de A., ce qui suggère une utilisation plus intensive de la fonction de calculatrice pour tester différentes solutions. Ces résultats indiquent que les élèves de J. sont particulièrement orientés vers des stratégies qui maximisent le score.

Analyse des Indicateurs Relatifs aux Procédures

Les indicateurs relatifs aux apprentissages des élèves ont donné les résultats suivants :

Tableau 2 – Résultats « côté apprentissages ».

	A	MS	MD	MC	MDC	MI	Rien
N.	58,1	31,8	1,8	6,0	0,4	0,7	1,2
J.	52,9	28,0	8,3	6,0	1,6	1,6	1,5
A.	51,1	30,9	2,8	10,4	0,4	0,8	3,6

Légende : A : procédure additive; MS multiplicative simple avec une multiplication; MD : multiplicative simple (opération division) ; MC multiplicative complexe (au moins un nombre est créé afin d'effectuer une multiplication); MDC (au moins un nombre est créé afin d'effectuer une division); MI somme ou différence de produits ou de quotients ; « Rien » correspond aux situations où le nombre cible est un nombre outil, obligeant l'élève à effectuer un calcul minimal pour valider le résultat. Les résultats sont exprimés en pourcentages. Pour chaque enseignant la référence est le nombre de calculs effectués par ses élèves.

Les élèves de N. effectuent majoritairement des procédures basiques de type A et MS, comparativement à ceux de J. et A. En revanche, les élèves de J. réalisent davantage de divisions. Deux raisons peuvent expliquer cela :

Ils utilisent plus fréquemment la fonction « back » pour rechercher des résultats, et plus de 90 % de ces calculs suivent le schéma $a \times b = c$ puis c / d , ce qui correspond à l'une des rares procédures explicitement enseignées, à savoir « multiplier par un grand nombre puis diviser ». En analysant plus finement les résultats, près d'un tiers des calculs réalisés par les élèves de J. suivent le schéma a / b , puis le résultat est multiplié par b , ce qui est une autre stratégie de type « joueur ».

Le taux de procédures complexes est similaire chez N. et J., mais il est plus élevé chez les élèves de A. Cela peut s'expliquer par une plus grande recherche de décompositions multiplicatives du nombre cible, observée en classe. Ce phénomène est corroboré par le taux de décompositions multiplicatives supérieur chez les élèves de A., comme le montrent les données suivantes :

Tableau 3 – Taux de décompositions multiplicatives

	décompositions multiplicatives du nombre cible
N.	4,2 %
J.	6,1 %
A.	8,5 %

Le pourcentage de « rien » dans le tableau dépend principalement des caractéristiques du tirage et du niveau de jeu auquel les élèves sont confrontés. Dans ma thèse (Ludier, 2022), j'ai montré que les échelles du score et des apprentissages ne sont pas corrélées. Les élèves de A. jouent sur des niveaux de jeu inférieurs à ceux des autres enseignants, ce qui influence la fréquence du « rien » observée dans les résultats.

Ces résultats indiquent que les pratiques pédagogiques influencent non seulement le choix des procédures de résolution, mais aussi le niveau des connaissances mathématiques mobilisées par les élèves.

IV. CONCLUSION

Nous reconnaissons les limites de cette étude, notamment en ce qui concerne l'échantillon restreint d'enseignants et d'élèves, ainsi que les différences de niveaux scolaires : les élèves de A. sont plus jeunes que ceux des deux autres enseignants. Il est raisonnable de supposer que les procédures utilisées diffèrent en fonction de l'âge. Cependant, les résultats montrent que, contrairement à nos attentes, les élèves plus jeunes mobilisent des procédures plus complexes. Nous formulons l'hypothèse que ce résultat est directement lié aux choix pédagogiques des enseignants, qui influencent les procédures adoptées par leurs élèves. Par ailleurs, il serait pertinent d'élargir l'analyse à d'autres jeux pour vérifier si les trois logiques identifiées se retrouvent dans des contextes différents, ce qui permettrait de généraliser les conclusions.

Néanmoins, l'analyse de l'influence des pratiques enseignantes sur les procédures des élèves dans le cadre du jeu Mathador met en lumière des dynamiques pédagogiques et didactiques contrastées. L'effet de l'enseignant apparaît particulièrement saillant sur les indicateurs de type « joueur », plus aisément accessibles et directement associés à une logique de performance. Ainsi, les pratiques centrées sur le score, telles que celles observées chez l'enseignant J, tendent à favoriser le recours à des stratégies de surface, peu coûteuses en connaissances mathématiques. À l'inverse, les pratiques pédagogiques orientées vers les apprentissages, comme celles de l'enseignant A, encouragent des démarches plus élaborées, notamment l'exploration de décompositions multiplicatives du nombre cible, susceptibles de renforcer la structuration des savoirs. Néanmoins, pour les indicateurs relatifs aux apprentissages, les écarts observés sont moins prononcés : les connaissances préalables des élèves constituent un facteur limitant.

Cette étude souligne l'importance du rôle de l'enseignant dans la médiation des apprentissages, même dans un contexte où les outils numériques occupent une place prépondérante. Le jeu, en tant qu'outil pédagogique, offre un potentiel considérable pour motiver les élèves et rendre l'apprentissage des mathématiques plus ludique et accessible. Cependant, l'efficacité de cette approche dépend en grande partie des intentions pédagogiques et des interventions de l'enseignant. En d'autres termes, ce n'est pas l'outil en lui-même qui garantit l'apprentissage, mais la manière dont il est intégré et utilisé dans un cadre pédagogique réfléchi.

Les enseignants devraient être conscients des effets de leurs pratiques sur les processus cognitifs des élèves et s'efforcer de promouvoir des approches qui vont au-delà de la simple recherche du score, ceci pourrait être intégré à une formation continue des enseignants sur la thématique des jeux en mathématiques.

RÉFÉRENCES

- Butlen, D. (2007). *Le calcul mental entre sens et technique*. Presses universitaires Franche-Comté.
- Butlen, D., Charles-Pezard, M. et Masselot, P. (2009). Pratiques de professeurs des écoles débutants enseignant les mathématiques à des élèves issus de milieux socialement très défavorisés, entre contraintes et marges de manœuvre. Dans A. Kuzniak et M. Sokhna (dir.), *Actes du colloque EMF2009 « Enseignement des mathématiques et développement : enjeux de société et formation », 6-10 avril 2009, Dakar, Sénégal* (p. 1084-1095).
https://emf.unige.ch/application/files/8114/5329/9584/EMF2009_GT8_Butlen.pdf
- Ludier, I. (2022). *Évolution des connaissances en calcul mental des élèves du cycle trois et influence d'une pratique régulière du logiciel Mathador sur les apprentissages* [Thèse de doctorat, CY Cergy Paris Université].

- Rogalski, J. (2007). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant. Dans *Actes du XXVI^e colloque COPIRELEM « La professionnalisation des enseignants de l'éducation de base : les recrutements sans formation initiale », 11-15 juin 2007, Sèvres, France* (p. 45-66).
- Tapan, M. S. (2006). *Différents types de savoirs mis en œuvre dans la formation initiale d'enseignants de mathématiques à l'intégration de technologies de géométrie dynamique* [Thèse de doctorat, Université Joseph-Fourier-Grenoble II].
- Venant, F. (2015). *Instrumentation didactique des futurs enseignants de mathématiques : exemple de la co-variation*.
<https://archipel.uqam.ca/10862/1/VenantCEIEAM.pdf>