



Développement et validation d'un instrument de mesure de la motivation des lycéens pour les mathématiques

Wafae EL ALEM^{1,2,*}, Othmane EL MNOUAR³ & Fadwa RIH⁴

1. Laboratoire éducation & dynamique sociale, Université Mohammed V, Faculté des Sciences de l'Éducation, Boulevard Mohammed Ben Abdellah Regragui-Madinat Al Irfane-B.P. 6211, Rabat, Maroc. w.elalem@um5r.ac.ma
 2. Laboratoire d'Études et de Recherche en Mathématiques Appliquées (LERMA), Université Mohammed V, École Mohammedia d'ingénieurs, avenue Ibn Sina-B.P. 765, Agdal, Rabat, Maroc.
 3. Chercheur en sciences de l'éducation, Enseignant de mathématiques au Lycée Abi Baker Sadik, Rue Chaouia Mabella EL youssoufia, Rabat, Maroc.
 4. Docteure et chercheur en sciences de l'éducation, Cheffe de Division des Affaires Féminines, Ministère de la Jeunesse, de la Culture et de la Communication, Rue Ibn Sina Agdal, Rabat, Maroc
- * Correspondence: welalem@gmail.com

Résumé :

Objectif : Fondé sur la théorie « attente-valeur », cet article présente un nouvel instrument destiné à mesurer la motivation des élèves du secondaire pour les mathématiques à l'ère numérique. **Méthode** : Le développement et la validation de l'échelle s'est basée sur deux étapes : 1- élaboration d'une Échelle de la Motivation pour les Mathématiques-Adolescents (E2M-A) basée sur la théorie attente-valeur; 2- validation de cet instrument de mesure auprès de 138 élèves du secondaire (Mage = 15.5, ET = 0.6) par une validité factorielle (analyses factorielles exploratoires), validité critériée et analyse de fiabilité (coefficients alpha de Cronbach). **Résultats** : Les résultats ont démontré que l'E2M-A possède des propriétés psychométriques favorables. La forme finale de l'instrument de mesure consiste en une structure tridimensionnelle basée sur 19 items répartis sur les perceptions de soi en termes de compétence et d'intérêt (12 items), la valeur d'utilité à long terme (4 items) et la valeur d'utilité à court terme (3 items). **Conclusion** : Le E2M-A est un instrument prometteur qui pourrait approfondir notre compréhension, tant théorique qu'appliquée, de la motivation des lycéens pour les mathématiques à l'ère des évolutions technologiques. Cet instrument de mesure sera utile pour la validation d'études futures basées sur le modèle attente-valeur en éducation au niveau secondaire.

Mots-clés : Motivation, Attente, Valeur, Mathématiques, Mesure, Analyse factorielle, Validation.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.13255208>

1 Introduction

L'organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a publié le 5 décembre 2023 les résultats de l'enquête PISA, Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves, sur les performances scolaires des élèves âgés de 15 ans, au titre de l'année 2022. L'enquête porte sur l'évaluation des connaissances et des compétences en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences à travers des tests qui mesurent les performances des étudiants à concevoir des stratégies simples pour résoudre des problèmes, à réfléchir de manière critique, à résoudre des problèmes complexes, à penser de manière créative et à communiquer efficacement



(OCDE, 2023). Le Maroc, participant à ce programme depuis 2018, a enregistré en 2022 une baisse de ses résultats. Sur un classement de 81 pays, le Maroc se positionne ainsi à la 71^{ème} place en mathématiques, à la 79^{ème} place en compréhension de l'écrit, et à la 76^{ème} place en sciences. Ces statistiques sont alarmantes, car elles révèlent que les élèves marocains âgés de 15 ans ne possèdent pas les compétences mathématiques nécessaires pour fonctionner de manière harmonieuse dans notre société de plus en plus technologique. L'intérêt de mesurer la motivation des lycéens pour les mathématiques se justifie par son impact significatif sur le processus d'apprentissage de cette matière en particulier et, par conséquent, sur leurs résultats académiques en général (Tella, 2007; Abdurrahman & Garba, 2014; Emmanuel et al., 2014; El-Adl & Alkharusi, 2020; Habók et al., 2020 ; Steinmayr & Spinath, 2009; Tavani & Losh, 2003). Ainsi, les enseignants doivent mettre en œuvre divers enseignements qui permettent à chaque élève d'apprendre et de se construire en tant qu'individu, tout en lui donnant envie, ceci afin qu'il se motive et trouve un intérêt dans la tâche qu'il va accomplir. (Dupuy, 2022).

Dans le même ordre d'idée, un deuxième rapport de l'OCDE, publié le 18 juin 2024 (OCDE, 2024), portant sur la pensée créative, indique que « *le Maroc est parmi les 5 pays les moins performants (Albanie, Philippines, Ouzbékistan, Maroc et République dominicaine)* ». Il déclare aussi que « *plus d'un élève sur quatre au Maroc, aux Philippines et en Arabie saoudite trouve ennuyeux d'apprendre de nouvelles choses* ». Ainsi, plusieurs théories et recherches ont soutenu que la motivation est considérée comme étant, la composante principale affectant la créativité des individus dans la réalisation des tâches (Amabile, 1994 ; Lubart, 2015), aussi dans l'éducation, le lien subtil et puissant qui relie créativité et éducation est constitué par la motivation (Piccardo, 1999). Selon le même rapport « *La créativité constitue en effet un atout dans de nombreuses professions, notamment dans les secteurs qui exigent un haut niveau de qualification. Selon le Rapport sur l'avenir de l'emploi 2023 du Forum économique mondial, la pensée créative est la deuxième compétence professionnelle la plus importante, juste après la pensée analytique. Des entreprises comme LinkedIn et Deloitte arrivent aux mêmes conclusions et soulignent le rôle déterminant de la pensée créative au sein de la main-d'oeuvre actuelle* ».

Pour mieux comprendre la motivation des lycéens en mathématiques et encourager leur créativité, des méthodologies statistiques avancées sont utilisées pour mesurer ces construits latents. Cela implique, d'une part, l'élaboration d'outils de mesure originaux et, d'autre part, le développement de méthodologies permettant de tester les propriétés psychométriques des instruments tout en garantissant leur brièveté. La complexité de la mesure de la motivation découle du fait que la communauté scientifique n'a pas de définition unanime de la motivation en éducation, mais propose plutôt diverses définitions. Cependant, ces approches offrent des conceptions distinctes et complémentaires de la motivation. (Cheng, 2023; Deci & Ryan, 1985, 2000; Dweck & Leggett, 1988; Eccles et al., 1983, 1998; Eccles & Wigfield, 2002, 2020; Elliot & Church, 1997; Pintrich & Schunk, 2002).

L'objectif de cet article est de répondre à une question fondamentale : comment peut-on mesurer la motivation des lycéens pour les mathématiques à l'ère des évolutions technologiques ? Pour répondre à cette question, nous avons développé et validé l'Échelle de la Motivation pour les Mathématiques-Adolescents (E2M-A), en se basant sur un encrage théorique pour l'élaboration du contenu de l'échelle. La collecte des données à l'aide de cette échelle a permis de tester ses propriétés psychométriques et de vérifier sa relation à d'autres mesures.

2. Revue de la littérature

Les théoriciens de la motivation étudient ce qui incite les gens à agir dans diverses situations, leurs croyances concernant le pourquoi et le comment de leurs actions, ainsi que leurs décisions sur la manière d'orienter leurs comportements (Eccles et al. 1998 ; Weiner 1992). Les paragraphes suivants décrivent les principales théories de la motivation. Nous y présentons les théories les plus répandues en éducation, examinons les recherches associées et discutons des résultats en termes de pratiques pédagogiques.

Théorie attente-valeur

La motivation à l'accomplissement « se réfère plus spécifiquement à la motivation liée à la performance dans des tâches où les normes d'excellence sont opérationnelles » (Eccles et al. 1998, p. 1017). L'une des principales théories de la motivation à l'accomplissement dans le domaine de la psychologie de l'éducation est la théorie attente-valeur. La théorie attente-valeur, développée initialement par Atkinson (1957) et élaborée et étendue de manière extensive par Eccles et ses collègues (Eccles et al. 1983 ; Eccles et al. 1998 ; Eccles & Wigfield, 2020 ; Wigfield & Eccles, 2000, Wigfield & Eccles, 2008) explore comment les attentes de réussite et la valeur accordée

à la tâche influencent la motivation et le choix des activités. Cette théorie a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs qui s'accordent pour dire que c'est l'approche motivationnelle la plus répandue en éducation en termes du nombre d'écrits scientifiques. En effet, cette approche ne cherche pas à définir la motivation mais plutôt à expliquer la dynamique motivationnelle de l'étudiant en situation d'apprentissage (Pintrich & Schunk, 2002). Dans ce modèle, l'engagement et la réussite sont mieux prédits par la combinaison des attentes de succès des étudiants et de la valeur attribuée à la tâche (Eccles et al., 1998 ; Pintrich et Schunk, 2002). Le construit attente de succès réfère aux croyances des individus quant à leur réussite dans des tâches à venir (Wigfield et al., 2009) ou dans un domaine (p. ex., l'intérêt en mathématiques et en langue (Hulleman & Harackiewicz, 2009; Plante et al., 2019) , que cela soit dans un avenir immédiat ou à plus long terme. Les attentes sont influencées par les croyances spécifiques aux tâches, telles que les croyances en matière de compétence et les attentes en matière d'efficacité personnelle (Eccles et al., 1998). Quant à la valeur accordée à la tâche, selon (Eccles & Wigfield, 2002) elle peut être défini par quatre composantes : la valeur intrinsèque, la valeur d'accomplissement, la valeur d'utilité et le coût.

- (1) La valeur intrinsèque - Le plaisir que l'individu retire de l'exercice de l'activité ou l'intérêt subjectif qu'il porte au sujet. (Wigfield, 1994) a suggéré que la valeur d'intérêt des enfants pourrait être le premier aspect de la valeur de la tâche à se développer, étant donné que la valeur d'accomplissement et la valeur d'utilité nécessitent toutes deux un traitement cognitif plus profond ou plus élaboré. Cette composante de la valeur est similaire à la notion de motivation intrinsèque telle que définie par (Deci & Ryan, 1985), ainsi qu'aux notions d'intérêt et de flux telles que définies par (Csikszentmihalyi, 1975).
- (2) La valeur d'accomplissement - L'importance personnelle de réussir la tâche. S'inspirant des théories du schéma de soi et de l'identité (Markus & Wurf, 1987), ils ont également lié la valeur d'accomplissement à la pertinence de l'engagement dans une tâche pour confirmer ou infirmer des aspects saillants de son schéma de soi (par exemple, parce que les tâches donnent l'occasion de démontrer des aspects de son schéma de soi réel ou idéal), tel la compétence dans divers domaines, les tâches auront une valeur d'accomplissement plus élevée dans la mesure où elles permettent à l'individu de confirmer des aspects saillants de ces schémas de soi.
- (3) La valeur d'utilité - La manière dont une tâche est liée aux objectifs actuels et futurs, tels que les objectifs de carrière. Une tâche peut avoir une valeur positive pour une personne parce qu'elle facilite la réalisation d'objectifs futurs importants, même si elle n'est pas intéressée par la tâche en tant que telle. Par exemple, les étudiants suivent souvent des cours qu'ils n'apprécient pas particulièrement mais qu'ils doivent suivre pour atteindre d'autres objectifs, faire plaisir à leurs parents ou rester avec leurs amis. D'une certaine manière, cette composante indique les raisons les plus « extrinsèques » de s'engager dans une tâche (Deci & Ryan, 1985 ; Harter, 1981). Cependant, elle est aussi directement liée aux objectifs internes à court et à long terme de l'individu.
- (4) Le coût : (Eccles et al, 1983) ont identifié le coût comme une composante essentielle de la valeur (Eccles et al. 1983, Eccles 1998). Le coût est conceptualisé en termes d'aspects négatifs de l'engagement dans la tâche, tels que l'anxiété de performance et la peur de l'échec et de la réussite, ainsi que la quantité d'efforts nécessaires pour réussir et les opportunités perdues qui résultent du fait de faire un choix plutôt qu'un autre.

Ensemble, ces construits fournissent un cadre pour essayer de comprendre comment les individus sont motivés à agir en fonction de leurs perceptions, de leurs croyances et de leurs valeurs.

Théorie de l'autodétermination

La théorie de l'autodétermination (TAD) propose que les êtres humains aient un désir inné de stimulation et d'apprentissage dès la naissance, qui est soit soutenu soit découragé par leur environnement (Deci & Ryan, 1985, 2000). Dans ses termes les plus simples, la TAD propose que les individus aient des besoins psychologiques innés d'autonomie, de compétence et de relation d'affiliation, qui, lorsqu'ils sont satisfaits, renforcent leur motivation autonome et leur bien-être (Ntoumanis et al., 2020). Tout au long du développement, les contextes sociaux peuvent soit entraver soit promouvoir la motivation intrinsèque en fonction de la satisfaction de ces besoins (Deci & Ryan, 1985 ; Ryan & Deci, 2000; Ryan & Deci, 2017).

Depuis, les théoriciens ont pu distinguer plusieurs types spécifiques de motivation basés sur l'interaction entre ces besoins et l'environnement : (1) la motivation intrinsèque - la volonté de poursuivre une activité simplement pour le plaisir ou la satisfaction qu'elle procure, (2) la motivation extrinsèque - la poursuite d'une activité par sens de l'obligation ou comme moyen d'atteindre une fin, et (3) l'amotivation - l'absence d'intention ou de volonté de

poursuivre une activité parce qu'on ne l'apprécie pas, qu'on se sent incompetent ou incapable d'obtenir le résultat souhaité (Ryan & Deci, 2000a ; Vallerand et al. , 1992). La motivation a été conceptualisée dans le cadre de la TAD comme une construction à multiples facettes avec plusieurs styles de régulation se situant sur un continuum d'autodétermination, voir la figure 1 (Rih et al, 2023).

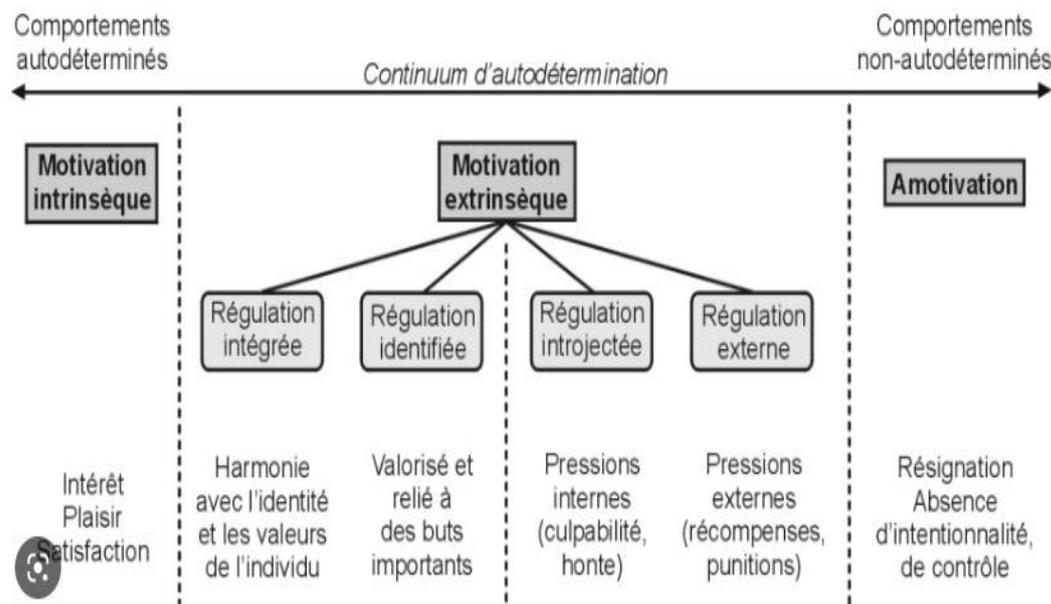


Figure 1. Le continuum de l'autodétermination (Deci & Ryan, 2000)

(Deci & Ryan, 1985) ont établi une distinction entre différentes formes de motivation extrinsèque. La différence entre les quatre types de motivation extrinsèque se présente comme suit :

(1) La régulation externe - Il s'agit d'un cas classique de motivation extrinsèque dans lequel le comportement des personnes est contrôlé par des contingences externes spécifiques. Les gens se comportent pour obtenir une conséquence souhaitée, telle qu'une récompense tangible, ou pour éviter une menace de punition.

(2) La régulation introjectée - Cela implique que les individus absorbent des règles externes et les maintiennent sous une forme qui est relativement isomorphe avec les règles externes (Ryan & Connell, 1989). (Perls, 1973) a décrit l'introjection comme le fait d'avaler des règles sans les digérer. Alors que dans le cas de la régulation externe, le contrôle du comportement provient de conséquences contingentes administrées par d'autres, dans le cas de la régulation introjectée, les conséquences contingentes sont administrées par les individus eux-mêmes. Les exemples prototypiques sont la valeur personnelle contingente (fierté) ou les menaces de culpabilité et de honte. L'introjection représente une intériorisation partielle dans laquelle les règles sont présentes dans la personne mais ne font pas vraiment partie de l'ensemble intégré de motivations, de cognitions et d'affects qui constituent le soi. Comme les règles introjectées n'ont pas été assimilées au soi, les comportements qui en résultent ne sont pas autodéterminés.

(3) La régulation identifiée - se réfère à la motivation découlant des valeurs personnelles, c'est le processus par lequel les personnes reconnaissent et acceptent la valeur sous-jacente d'un comportement. En s'identifiant à la valeur d'un comportement, les personnes ont mieux intériorisé son règlement ; ils l'ont plus complètement accepté comme étant le leur. Par exemple, une personne peut étudier dur pour obtenir de bonnes notes qui vont lui permettre d'intégrer les écoles prestigieuses parce qu'elle comprend et approuve leur valeur pour sa carrière à long terme.

(4) La régulation intégrée - représente non seulement l'identification à l'importance des comportements, mais aussi l'intégration de ces identifications à d'autres aspects du moi. Lorsque les règles sont intégrées, les personnes les ont pleinement acceptées en les mettant en harmonie ou en cohérence avec d'autres aspects de leurs valeurs et de leur identité (Pelletier et al., 1997). Ainsi, ce qui était initialement une régulation externe aura été entièrement transformé en autorégulation, et il en résulte une motivation extrinsèque autodéterminée.

Ces quatre types de motivation extrinsèque varient en fonction du degré d'autodétermination que l'individu associe au comportement. Plus précisément, les régulations intégrées et identifiées, bien qu'il s'agisse de motivations extrinsèques, sont plus ou moins volontaires qui résultent du degré d'intériorisation des règles externes et de leur intégration au soi, on peut les considérer comme des styles de régulation très autodéterminés.

Théorie du flow

La théorie du flow (Csikszentmihalyi, 1975), comme la TAD, a commencé par mettre l'accent sur la motivation intrinsèque. Le concept de flow concerne les expériences d'absorption totale dans une activité et le plaisir non conscient de cette activité. Lorsqu'une personne vit l'expérience du flow, son activité est dite autotélique, qui prend sa source du grec, autos, « soi » et télos, « but », c'est-à-dire qui trouve sa fin en elle-même. Selon Csikszentmihalyi, les gens sentent l'expérience du flow lorsque les exigences de l'activité sont en équilibre avec les capacités des individus. Ainsi, Csikszentmihalyi a suggéré qu'un comportement intrinsèquement motivé nécessite un défi optimal. Trop de défis par rapport aux compétences d'une personne conduit à l'anxiété et au désengagement, tandis que trop peu conduit à l'ennui et à l'aliénation. Le postulat du défi optimal est tout à fait cohérent avec la spécification de la TAD du besoin de compétence comme base de la motivation intrinsèque (Deci & Ryan, 1980), car c'est la réussite dans des tâches à défi optimal qui permet aux gens de ressentir un véritable sentiment de compétence, voir la figure 2 (Heutte, 2017).

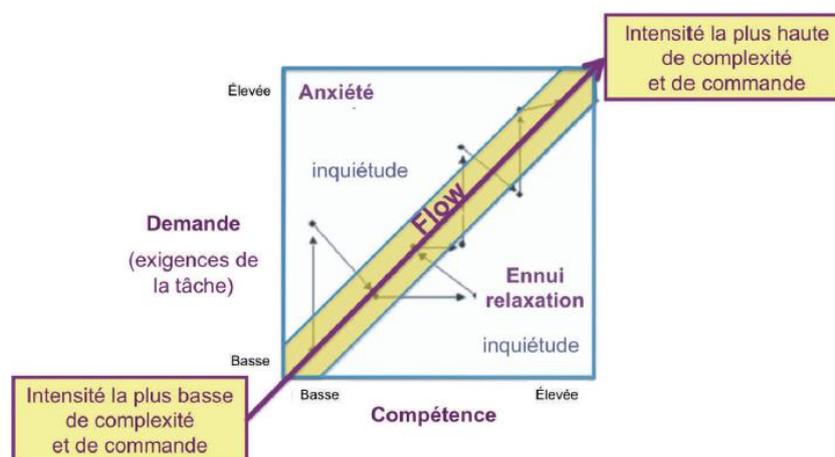


Figure 2. Théorie du flow (adaptation de Csikszentmihalyi, 1975)

Malgré ces points de convergence avec la TAD et d'autres, il existe plusieurs points de divergence intéressants. Le plus important est peut-être le fait que la théorie du flow n'a pas de concept formel d'autonomie, et qu'elle ne fonde la motivation intrinsèque que sur le défi optimal (qui, en tant que concept, est principalement lié à la compétence plutôt qu'à l'autonomie). La TAD, quant à elle, a toujours soutenu que même les défis optimaux n'engendreront pas de motivation intrinsèque ou de flow si les personnes ne se sentent pas autonomes pour les réaliser, c'est-à-dire si les comportements n'ont pas été adoptés de manière autonome (Deci & Ryan, 2000).

Inventaire des attitudes envers les mathématiques (ATMI)

Les échelles d'attitudes en mathématiques (MAS) d'Aiken (Aiken, 1974) ont également bénéficié d'une reconnaissance considérable dans la recherche sur l'enseignement des mathématiques. L'enquête TIMSS 2011 comportait trois échelles d'attitudes liées aux trois construits motivationnels : valeur intrinsèque (échelle Students Like Learning Mathematics), valeur d'utilité (échelle Students Value mathematics) et croyances en matière de capacités (Student confidence with Mathematics scale) (Mullis et al., 2015). L'inventaire des attitudes à l'égard des mathématiques (ATMI) (Tapia & Marsh, 2004) est l'un des instruments les plus récents, mais il n'a pas fait l'objet d'une application significative dans la recherche (Chamberlin, 2010). Il a été choisi pour la présente étude parce qu'il fournit une orientation claire et distincte et qu'il identifie quatre dimensions permettant de mesurer les attitudes à l'égard des mathématiques.

La version originale de l'ATMI comprenait 49 éléments mesurant six dimensions : l'anxiété, le plaisir, la valeur, la motivation, la confiance et les attentes des parents/enseignants. Après avoir effectué une analyse factorielle exploratoire à partir de données provenant d'un échantillon de 544 élèves suivant des cours de mathématiques dans une école privée de Mexico, (Tapia, 1996) a combiné les sous-échelles de confiance et d'anxiété pour former un seul facteur. Une corrélation extrêmement faible entre les items et le total ayant été observée avec les items des sous-échelle des attentes des parents et des enseignants, celle-ci a également été abandonnée (Tapia, 1996 ; Tapia & Marsh, 2004). L'échelle finale résulte en quatre sous-échelles et 40 items. Les sous-échelles sont : la confiance en soi, la valeur, le plaisir et la motivation. Des items positifs et négatifs ont été inclus. La validité et la fiabilité ont été établies pour les étudiants de l'enseignement supérieur (Tapia & Marsh, 2002) et les lycéens (Tapia & Marsh, 2004). Une analyse factorielle confirmatoire (AFC) réalisée par (Tapia & Marsh, 2002) a confirmé la structure à quatre facteurs à partir de données provenant de 134 étudiants américains. Les coefficients alpha de Cronbach étaient élevés pour l'ensemble de l'échelle, allant de 0,95 à 0,97 (Tapia, 1996 ; Tapia & Marsh, 2004), ainsi que pour chaque sous-échelle : Confiance en soi (0,95), Valeur (0,89), Plaisir (0,89) et Motivation (0,88) (Tapia & Marsh, 2004).

Étude actuelle : Échelle de motivation pour les mathématiques chez les lycéens E2M-A

Le modèle théorique de (Eccles et al., 1983 ; Eccles & Wigfield, 2020) prend en compte deux principaux construits à savoir 1- les croyances que les élèves ont d'eux-mêmes à propos de leurs capacités à réussir les mathématiques et implique leurs perceptions de compétences en mathématiques et 2- les valeurs des élèves et comprend la valeur d'intérêt, d'utilité, d'importance et de coût. Selon (Eccles & Wigfield, 2002) le coût est conceptualisé en termes d'aspects négatifs de l'engagement dans la tâche, tels que l'anxiété de performance et la peur de l'échec et de la réussite. Dans la présente étude, on s'est intéressé seulement aux aspects positives. Inspirée de la théorie attente-valeur et des résultats de l'enquête TIMSS (Mullis et al., 2015), on propose le modèle théorique présenté dans la figure 3.

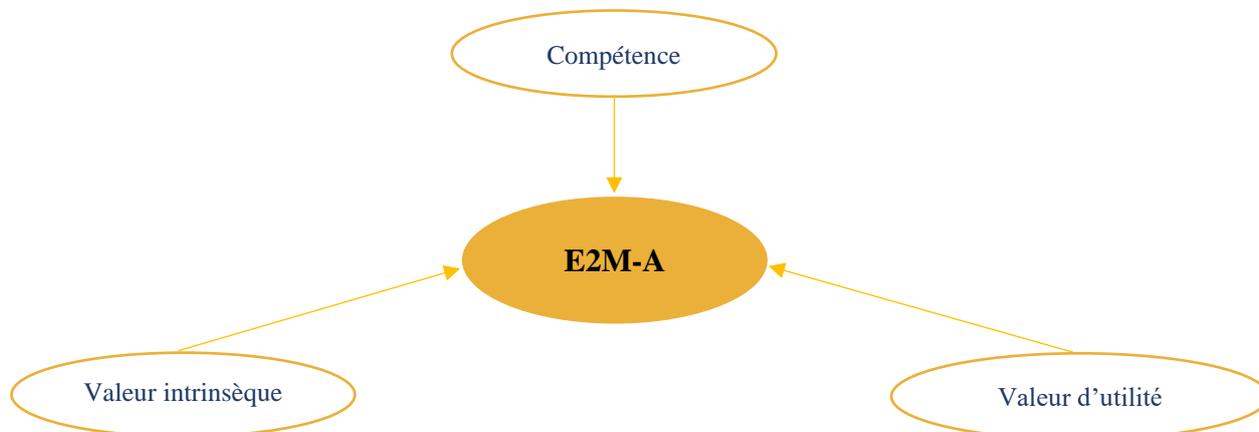


Figure 3 : Modèle théorique de l'étude

3. Méthode

3.1. Participants

L'échantillon est composé de 138 lycéens du tronc commun sciences, les élèves de sexe féminin représentaient 56,5 % de l'échantillon et avaient un âge moyen de 15,5 et un (écart-type = 0,6; étendue : 15-18). L'enquête s'est déroulée au cours du premier semestre de l'année scolaire 2022-23 au lycée Abi Baker Sadik, situé à EL Youssoufia-Rabat (Maroc).

3.2. Instrument de mesure

L'objectif principale de la présente étude est de développer un instrument de mesure de la motivation chez les lycéens à l'égard des mathématiques, E2M-A, en se basant sur le modèle théorique présenté ci-dessus puis d'évaluer la validité (Analyse factorielle, corrélations item-item, corrélation item-total) et la fiabilité (cohérence interne) des données recueillies à l'aide de cet instrument. Les sous-échelles de l'échelle E2M-A proviennent de différentes sources (Tapia & Marsh, 2004 ; Soofia Malik, 2018; Meyer et al., 2019; Primi et al., 2020). Les items sont soit les mêmes que ceux inclus dans les instruments originaux, soit adaptés à notre contexte. L'échelle est composée de 19 items de type Likert en 7 points, allant de 1 ("Pas du tout d'accord") à 7 ("Tout à fait d'accord"), répartis sur 3 dimensions : Les croyances de compétence à l'égard des mathématiques et comprend 4 items (Ex. "Je peux réussir les mathématiques si je travaille suffisamment fort") et 2 items recodés (Ex. "Les mathématiques sont difficiles pour moi"). La valeur d'intérêt comprend 6 items (Ex. " J'aime apprendre de nouvelles choses en mathématiques ") et la valeur d'utilité comprend 7 items (Ex. "Les mathématiques sont utiles pour la vie de tous les jours", "Les mathématiques sont nécessaires pour comprendre les sciences"). Les 19 items qui constituent l'instrument de mesure E2M-A sont présentés dans le tableau 1.

3.2.1. Taille de l'échantillon

L'étude de (Tinsley & Tinsley, 1987) a recommandé que la règle générale consiste à avoir entre 5 et 10 individus par item, c'est-à-dire que si l'instrument comporte 5 items, il faut entre 25 et 50 réponses. Étant donné que l'instrument E2M-A comprenait 19 items, un échantillon supérieur à 95 vérifie les recommandations.

3.2.2. Analyse des données

Afin de valider l'instrument de mesure proposé, l'E2M-A, nous avons recruté 138 lycéens du tronc commun sciences et nous nous sommes principalement basés sur une analyse de validité et une analyse de fiabilité.

- **Analyse de validité.**

Pour évaluer la validité de l'instrument, une validité factorielle a été réalisée selon la méthode d'analyse en composantes principales (ACP). L'ACP est une technique multidimensionnelle de réduction des données utilisée pour extraire les composantes principales. L'objectif de l'ACP est la visualisation des données dans le meilleur espace réduit, c'est une étape indispensable pour réduire le nombre de variables tout en conservant le maximum possible de la variance initiale. Un autre instrument a été utilisé pour tester la validité critériée de l'E2M-A. Cet instrument mesure la satisfaction par rapport à l'orientation scolaire. Il s'agit d'une adaptation et validation de l'échelle de Satisfaction With Life Scale (SWLS) de (Diener et al., 1985). Le choix de cet instrument en tant que critère externe est dû au fait qu'il a déjà été validé auprès des lycéens au Maroc et qu'il a démontré des propriétés psychométriques favorables (العالم صبيري &, 2020).

- **Analyse de fiabilité.**

La fiabilité a été évaluée par l'analyse de la cohérence interne des items de l'instrument de mesure E2M-A et le calcul de l'alpha de Cronbach.

4. Résultats et discussion

4.1. Validité factorielle

Les données recueillies ont été soumises à une analyse en composante principale afin d'explorer la structure factorielle de l'E2M-A; voir comment les facteurs s'agencent et détecter quels sont les items qui contribuent à la formation des facteurs.

4.1.1. Pertinence de l'ACP

Afin de pouvoir réduire les variables en des facteurs principaux, il faut s'assurer que les variables sont assez liées entre elles. La valeur du $KMO=0,94$ étant très proche de 1, donc on peut conclure qu'il y a une forte liaison entre les variables. D'ailleurs le test de sphéricité de Bartlett prouve le même résultat ($p\text{-value}= 0,000 < 0,05$).

4.1.2. Extraction des facteurs principaux

Après vérification de la pertinence de l'ACP, on passe à l'extraction des facteurs principaux. Au cours de cette étape, on essaye de répondre à une question vitale en analyse factorielle à savoir combien de facteurs doit-on retenir ? on va s'appuyer sur le coude de Cattell ou en anglais scree plot et sur le critère de Kaiser (Mote, 1970) afin de justifier le nombre de facteurs retenu. D'après le coude de Cattell, on remarque une stabilité à partir de la 4^{ème} valeur propre donc on retient 3 facteurs. Par ailleurs, le tableau de la variance total expliquée montre que seulement 3 valeurs propres ont des valeurs supérieures à 1, donc on ne retient que 3 facteurs qui explique 70 % de la variance totale (Voir l'annexe). Les résultats de ces deux méthodes étaient similaires, ce qui signifie que les 19 items pouvaient être réduits en seulement 3 composantes principales. La matrice des composantes principales va nous permettre de nommer les 3 composantes retenues.

4.1.3. Nomination des facteurs

En se basant sur le modèle théorique de l'étude et après une rotation varimax, les résultats montrent que l'échelle E2M-A possède une structure factorielle tri-dimensionnelle présentée comme suit :

1^{ère} dimension (CI): combinaison des paires de dimensions croyance de compétence-valeur intrinsèque, Le tableau 1 montre que les 12 items des deux dimensions sont fortement corrélés avec la première composante. Cette dimension « perceptions de soi en termes de compétence et d'intérêt » (Ex. " Je suis bon en mathématiques ", " Les mathématiques m'intéressent ") explique 37% de la variance totale;

2^{ème} dimension (UL) : représente l'utilité perçue de la tâche par rapport aux objectifs de l'élève à long terme (Ex. " Les mathématiques sont nécessaires pour de nombreuses carrières."), cette dimension explique 18 % de la variance totale;

3^{ème} dimension (UC) : réfère à l'utilité perçue de la tâche par rapport aux objectifs de l'élève à court terme dans la vie quotidienne (Ex. " Les mathématiques sont utiles pour la vie de tous les jours."), cette dimension explique 15 % de la variance totale.

Tableau 1 : Matrice des composantes après rotation

Items de l'E2M-A	Composante		
	1	2	3
1-J'aime apprendre de nouvelles choses en mathématiques.	,767	,403	,203
2- Les mathématiques m'intéressent.	,781	,453	,108
3-Je trouve les mathématiques fascinantes.	,645	,141	,449
4-Les mathématiques sont amusantes.	,748	,224	,306
5-J'apprécie les défis proposés par les problèmes de mathématiques.	,652	,235	,426
6-Je me sens à l'aise en mathématiques	,744	,268	,335
7-Je suis bon en mathématiques.	,751	,194	,454
8-Je comprends bien ce que l'on me demande en mathématiques.	,697	,280	,391
9-Je peux réussir en mathématiques si je travaille suffisamment fort.	,774	,421	,068
10-Je crois que je peux réussir les mathématiques même si je ne suis pas très doué.	,624	,341	,196
13-Les mathématiques sont nécessaires pour de nombreuses carrières.	,239	,716	,236
14-Les mathématiques sont importantes pour comprendre la technologie moderne.	,356	,764	,166
16-Les mathématiques sont nécessaires pour comprendre les sciences.	,375	,742	,204
17-Les mathématiques sont une discipline importante pour l'éducation en général.	,202	,705	,238
11-Les mathématiques sont utiles pour résoudre les problèmes quotidiens.	,413	,052	,735
12-Les mathématiques sont utiles pour comprendre l'actualité et les événements du monde.	,201	,345	,660
15-Les mathématiques sont utiles pour la vie de tous les jours.	,021	,406	,779
18-Les mathématiques sont difficiles pour moi.	-,801	-,195	-,107
19-Je m'ennuie en classe de mathématiques.	-,803	-,171	-,010

4.2. Validité critériée concomitante

Dans la présente étude nous avons choisi deux critères externes à savoir la performance en Mathématiques et la satisfaction par rapport à l'orientation. Le tableau 2 montre les corrélations entre les trois sous-échelles et les critères externes testés (la satisfaction : orientation scolaire, la performance en mathématiques). Des corrélations positives et statistiquement significatives ont été trouvées entre les sous-échelles de l'E2M-A et les critères externes retenues dans le cadre de cette étude. Cependant, les corrélations les plus fortes ont été associées aux « perceptions de soi en termes de compétence et d'intérêt ».

Une corrélation de $r(\text{PM,CI})=0,609$ a été trouvée entre « la performance en mathématique » et les « perceptions de soi en termes de compétence et d'intérêt », ce qui montre qu'il y a une assez forte corrélation entre les deux variables. Concernant les deux autres construits à savoir la valeur d'utilité à court et long termes, des corrélations positives ont été observées; $r(\text{PM,UC})=0,308$ et $r(\text{PM,UL})=0,336$ mais avec une intensité faible. Ce résultat est appuyé par (Greene et al., 1999) qui soutiennent l'idée qu'à l'école secondaire, les résultats en mathématiques sont plus étroitement liés aux attentes, tandis que la valeur est plus liée à l'effort.

La deuxième variable externe choisie est celle de la satisfaction par rapport à l'orientation choisie, le choix de cette variable est dû à deux principales raisons; la première concerne la phase du tronc commun, qui est une phase décisive pour l'élève qui vient de choisir à la fin de cycle collégial le tronc commun dans lequel il souhaite étudier et à qui on demande après une année d'étude au secondaire de s'orienter à nouveau vers le cycle de baccalauréat et la deuxième raison a déjà été mentionnée précédemment, qui concerne le fait de disposer d'un instrument de mesure valide, fiable et qui possède de bonnes propriétés psychométriques. Dans la présente étude, on suppose qu'il y aurait une relation positive entre la satisfaction par rapport au choix fait au collège et la motivation à l'égard des mathématiques au lycée. En effet, les résultats montrent que le construit qui était le plus corrélé à la satisfaction par rapport à l'orientation est celui des « perceptions de soi en termes de compétence et d'intérêt »; $r(\text{SO,CI})=0,776$. Un rapport de l'Instance Nationale d'Évaluation (INE, 2016, p.75) confirme la corrélation entre le choix d'orientation effectué par l'élève à la fin de la troisième année du collège et sa performance au tronc commun.

Tableau 2: Corrélations des dimensions de l'E2M-A avec l'échelle de la satisfaction par rapport à l'orientation scolaire et la variable performance en mathématiques.

E2M-A	Satisfaction : Orientation scolaire (SO)	Performance en Mathématiques (PM)
Perceptions de soi en termes de compétence et d'intérêt (CI)	0,776	0,609
Valeur d'utilité 1 (UL)	0,336	0,214
Valeur d'utilité 2 (UC)	0,308	0,300

4.3. Fiabilité de l'échelle

La fiabilité a été évaluée par l'analyse de la cohérence interne des items de l'instrument de mesure E2M-A, à la fois pour chaque dimension séparément et pour l'ensemble des items de l'échelle (Total). Les résultats trouvés α (CI) =.956, α (UL) =.843, α (UC) =.761 et α (Total) =.89 montrent une bonne consistance interne de l'échelle.

Les résultats de l'étude sont présentés dans l'organigramme ci-dessous :

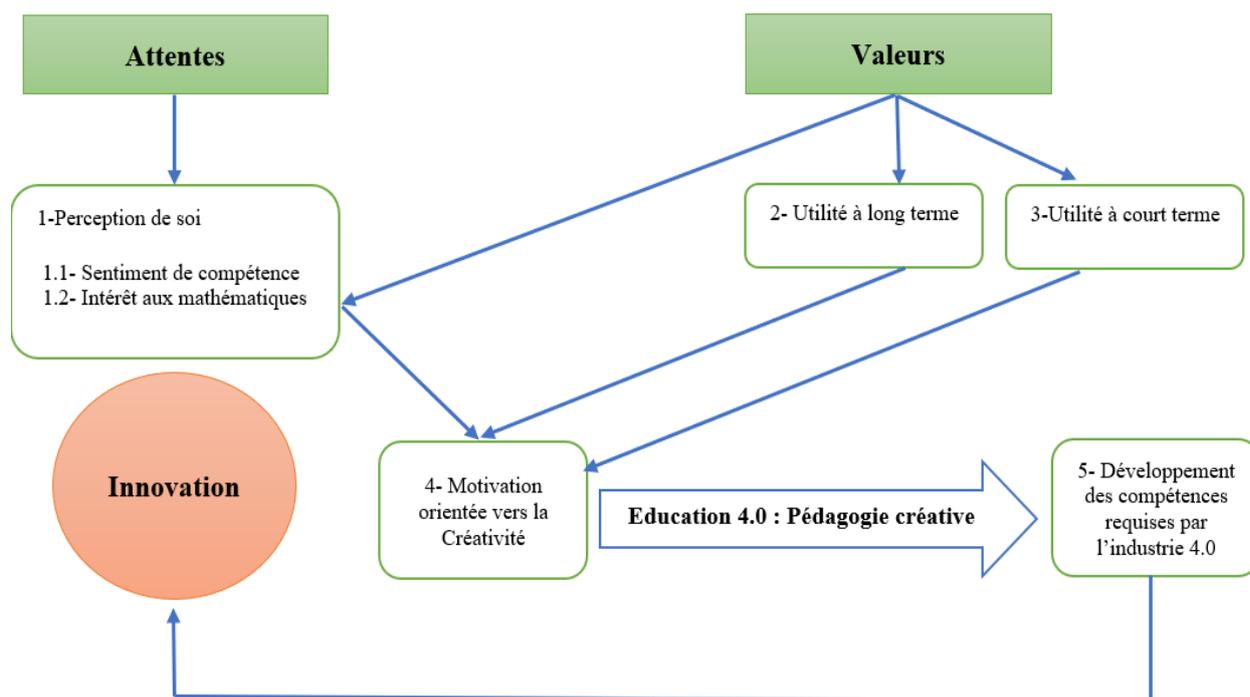


Figure 4. Motivation pour les mathématiques orientée vers la créativité chez les élèves du lycée

Il ressort de l'étude que la 1^{ère} dimension « perception de soi en termes de compétence et d'intérêt » regroupe les items de la compétence et de la valeur intrinsèque ; Cela signifie que ces lycéens prévoient, en premier lieu des attentes relatives aux sentiments de compétences, ce qui nous renvoie vers l'approche multivariée de la créativité du Lubart (Lubart & Mouchiroud, 2003) évoquant les facteurs cognitifs (la résolution des problèmes). Cette dimension exprime aussi un intérêt crucial pour les mathématiques, ce qui relève de leur motivation intrinsèque. Dans le même ordre d'idée (Harter, 1981) affirme que « *plus l'élève se considère compétent plus sa motivation intrinsèque est élevée* ». En deuxième lieu, il s'agit de l'utilité à long terme; les lycéens pensent que les mathématiques sont nécessaires pour de nombreuses futures carrières et assurent l'employabilité dans plusieurs secteurs porteurs. Enfin, l'utilité à court terme; les mathématiques sont utiles pour la vie de tous les jours, pour comprendre l'actualité de chaque jour et pour résoudre les problèmes quotidiens. Selon (Gaspard et al., 2015; Gaspard et al., 2015a) « *La valeur d'utilité peut se référer à des objectifs à court et à long terme dans divers domaines de la vie, notamment l'école, la vie quotidienne et la vie sociale à court terme, et l'emploi et la vie future en général à long terme* ».

Les trois dimensions montrent en fait qu'il s'agit des lycéens intéressés et déterminés, ayant un projet de vie et une vision claire sur leur avenir; Ces élèves, possédant un sentiment de compétence en mathématiques nourri par une motivation intrinsèque, montrent une ouverture intellectuelle, comme en témoigne leur intérêt pour l'apprentissage de nouvelles choses en mathématiques. Ils affichent également des caractéristiques émotionnelles telles que la curiosité, illustrée par des déclarations comme « Les mathématiques m'intéressent », ce qui est indicateur d'individus orientés vers la créativité (OCDE, 2024). Ils reconnaissent également l'utilité des mathématiques à court et à long terme. Par conséquent, pour susciter et maintenir la motivation des lycéens tout au long du processus d'enseignement-apprentissage, il est crucial de leur montrer comment les mathématiques appliquées en classe peuvent être utilisées en dehors de celle-ci. Relier les mathématiques à la vie réelle peut renforcer l'intérêt des étudiants en tant qu'outil pour comprendre la réalité.

Ce profil d'élève perçoit, également, les situations d'apprentissage comme des défis stimulants, affirmant « J'apprécie les défis proposés par les problèmes de mathématiques ». Cela fait écho à la théorie du flow de Csikszentmihalyi (1975), qui suggère qu'un comportement intrinsèquement motivé nécessite un défi optimal dans les activités proposées par l'enseignant. D'après le rapport de l'OCDE (OCDE, 2024) l'environnement scolaire joue un rôle primordial quant à la favorisation de la créativité. En effet, « *Les pratiques pédagogiques à l'école peuvent jouer un rôle déterminant en faveur de la créativité des élèves. Dans les pays de l'OCDE, entre 60 et 70 % des élèves ont déclaré que leur enseignant valorise leur créativité, les encourage à proposer des réponses originales et leur donne l'occasion d'exprimer leurs idées à l'école* ».

Le rôle de l'enseignant reste crucial pour motiver les lycéens à être créatif dans les mathématiques, en adoptant l'éducation 4.0 basée sur une pédagogie créative. Cependant, la créativité est multidisciplinaire, par conséquent elle peut être vue de différentes façons dans diverses disciplines : en éducation, elle est appelée "innovation"; dans le domaine des affaires, "entreprenariat" ; en mathématiques, elle est parfois associée à "la résolution de problèmes" ; et dans la musique, elle signifie "la performance ou la composition" (Gomez, 2007). De ce fait, l'enseignant doit mettre en œuvre des méthodes, procédés, techniques pour favoriser la créativité chez les élèves. Il doit utiliser des méthodes d'enseignement pour la créativité basées sur des approches imaginatives et ludiques, et aussi qui a comme objectif d'identifier les jeunes lycéens aux domaines de la pensée créative, en leur donnant l'occasion pour encourager et développer leurs capacités et leurs compétences dans la matière (Rostan, 2010). Aussi, un apprentissage créatif qui repose sur des méthodes comme le questionnement, la curiosité, la recherche, la manipulation, l'expérimentation, etc. (Rashmi, 2012).

En général, au cours des dernières décennies, le terme « Éducation 4.0 » est apparu comme réponse à « Industrie 4.0 ». À l'ère des évolutions technologiques, nous assistons à l'intégration de ces technologies telles que l'intelligence artificielle, la robotique, l'internet des objets et bien d'autres dans le secteur manufacturier, le rendant plus intelligent, plus efficace et plus connecté que jamais. Par conséquent, les enseignants, et particulièrement ceux des mathématiques, ont la responsabilité de préparer les étudiants aux défis de la révolution 4.0 et de s'assurer qu'ils possèdent les compétences nécessaires pour leur insertion professionnelle.

Finalement, la pédagogie créative encourage la créativité chez les étudiants et les incite à aborder des problèmes de plus en plus complexes. Cela interpelle les institutions éducatives à proposer des programmes d'études axés sur le développement des nouvelles compétences requises par l'industrie 4.0. En particulier, les pratiques pédagogiques peuvent influencer la créativité et garantir l'innovation chez une future génération capable de s'intégrer dans l'industrie 4.0, de devenir des inventeurs et de contribuer au développement de leurs pays.

5. Limites de l'étude

Ce travail présente plusieurs limitations. Premièrement, d'un point de vue méthodologique, les caractéristiques spécifiques des élèves de lycée en tronc commun scientifique peuvent influencer les résultats. De futures études pourraient révéler d'autres résultats en testant l'invariance de l'échelle entre différents types de populations. Il est nécessaire de vérifier si les enquêtes menées auprès d'élèves de différents groupes d'âge (par exemple, collégiens ou universitaires) ou de différentes orientations scolaires (scientifique ou littéraire) produiraient des résultats similaires en termes de structure factorielle. De plus, d'autres recherches devraient examiner la validité temporelle de l'instrument à travers des tests-retests. Il serait également pertinent de tester l'invariance de l'E2M-A dans un contexte international.

D'autres limites d'ordre théorique, bien que cette recherche ait mis en évidence la motivation pour les mathématiques orientée vers la créativité chez les élèves du lycée, recensant la performance créative, l'utilité à long et à court terme et qui met en exergue la pédagogie créative, il existe d'autres facteurs qui entrent dans le cadre des facteurs conatifs, tel que la résilience, ainsi que d'autres relevant de l'environnement, notamment le milieu familial. Cela dit, la créativité a plusieurs facettes et il faut essayer de compléter le puzzle pour progresser vers l'innovation.

Malgré ces limites, ce travail présente plusieurs points forts notables. Par exemple, l'application future de cet instrument qui pourrait être utile aux praticiens pour l'identification précoce des élèves à risque ayant un faible degré de motivation envers les mathématiques, ainsi que pour la planification de formes spécifiques d'intervention.

6. Conclusions et études futures

L'intérêt des chercheurs pour le thème de la motivation est en constante croissance. L'omniprésence des nouvelles technologies dans tous les secteurs et dans la vie de tous les jours incite les chercheurs à comprendre la motivation pour les mathématiques chez la nouvelle génération. L'objectif de cette étude était de vérifier les propriétés psychométriques de l'E2M-A afin de tester s'il pouvait constituer un outil adéquat pour évaluer la motivation des lycéens pour les mathématiques à l'ère des évolutions technologiques. En résumé, notre étude a démontré que l'E2M-A était tridimensionnelle, possédant des propriétés psychométriques intéressantes. Nous aimerions encourager les éducateurs et les chercheurs à explorer davantage la structure factorielle de l'instrument proposé.

Plus généralement, en termes d'implications pratiques, la conformité de l'instrument aux exigences psychométriques permet son utilisation tant dans les recherches que dans les activités éducatives explorant la motivation envers les mathématiques des élèves au lycée. Dans le domaine de la recherche, où la motivation pour les mathématiques est un facteur influençant la performance en mathématiques et les résultats académiques,

l'E2M-A peut aider les chercheurs à mieux comprendre la nature des liaisons qui existe entre les sous facteurs de l'E2M-A et les résultats académiques ou bien d'autres variables d'intérêt. Sa concision et sa structure tridimensionnelle en font un outil adapté aux grandes études multivariées, où de nombreux tests et échelles doivent être administrés simultanément.

En ce qui concerne l'éducation, l'E2M-A permet d'évaluer l'efficacité des programmes éducatifs visant à améliorer la motivation pour les mathématiques des lycéens. À cet égard, les éducateurs souhaitant tester l'efficacité de nouveaux programmes pourront utiliser l'E2M-A comme mesure de pré-test et de post-test afin de vérifier l'efficacité de ce type d'interventions.

En conclusion, cette étude offre aux chercheurs et aux praticiens un outil de mesure concis, valide, fiable, rapide et facile à administrer. Elle apporte également un éclairage sur la motivation pour les mathématiques chez les lycéens à l'ère des mutations technologiques, permettant ainsi de proposer des pistes d'amélioration pour les politiques et pratiques éducatives.

REFERENCES

- [1] Abdurrahman, M. S., & Garba, I. M. (2014). The impact on motivation on students' academic achievement in Kebbi state junior secondary school mathematics. *International Journal of Advance Research*, 2(12), 1-15.
- [2] Aiken, L. R. (1974). Two scales of attitude toward mathematics. *Journal for research in Mathematics Education*, 5(2), 67-71.
- [3] Amabile, T; & Karl, G, Hill.,& Beth A. Hennessey., & Elizabeth M. (1994). The Work Preference Inventory: Assessing Intrinsic and Extrinsic Motivational Orientations. *Tighe Journal of Personality and Social Psychology* (Vol. 66), 4 (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.596.7369etrep=rep1ettype=pdf>)
- [4] Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64, 359–372. <https://doi.org/10.1037/h0043445>.
- [5] Chamberlin, S. A. (2010). A review of instruments created to assess affect in mathematics. *Journal of Mathematics education*, 3(1), 167-182.
- [6] Cheng, X. (2023). Looking through goal theories in language learning: A review on goal setting and achievement goal theory. *Frontiers in psychology*, 13, 1035223.
- [7] Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco: Jossey-Bass.
- [8] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1980). Self-determination theory: When mind mediates behavior. *The Journal of mind and Behavior*, 33-43.
- [9] Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum.
- [10] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the selfdetermination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11, 227–268.
- [11] Diener, E. D., Emmons, R. A., Larsen, R. J., & Griffin, S. (1985). The satisfaction with life scale. *Journal of personality assessment*, 49(1), 71-75.
- [12] Dupuy, A. (2022). Estime de soi et motivation indissociable à la discipline des arts plastiques. *Education*. ffdumas-03719633ff
- [13] Dweck, C. S., and Leggett, E. L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychol. Rev.* 95, 256–273. doi: 10.1037/0033-295X.95.2.256
- [14] العالم و. و. & صبيري ع. (2020). الخصائص السيكومترية لمقياس الرضا عن الاختيار الدراسي (البنية العاملية للرضا عن الاختيار). *مجلة العلوم النفسية والتربوية*, 6(4), 238-227. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/128220>
- [15] Eccles, J. S., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L., et al. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and achievement motives* (pp. 75-146). San Francisco: Freeman
- [16] Eccles, J. S., Wigfield, A., & Schiefele, U. (1998). Motivation to succeed. In: Damon, W. (Series ed.) and Eisenberg, N. (Vol. ed.), *Handbook of child psychology*. Vol. 3: Social, emotional, and personality development (5th Ed., pp. 1017-1095). New York: Wiley.

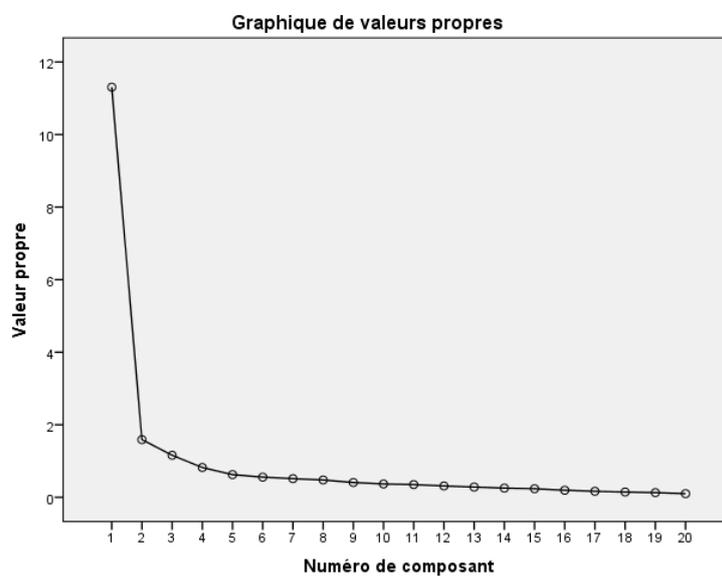
- [17] Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53(1), 109-132.
- [18] Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary educational psychology*, 61, 101859.
- [19] El-Adl, A., & Alkharusi, H. (2020). Relationships between self-regulated learning strategies, learning motivation and mathematics achievement. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(1), 104-111.
- [20] Elliot, A. J., and Church, M. A. (1997). A hierarchical model of approach and avoidance achievement motivation. *J. Pers. Soc. Psychol.* 72, 218–232. doi: 10.1037/0022-3514.72.1.218
- [21] Emmanuel, A. O., Adom, E. A., Josephine, B., & Solomon, F. K. (2014). Achievement motivation, academic self-concept and academic achievement among high school students. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, 2(2).
- [22] Gaspard, H., Dicke, A. L., Flunger, B., Schreier, B., Häfner, I., Trautwein, U., & Nagengast, B. (2015). More value through greater differentiation: gender differences in value beliefs about math. *Journal of educational psychology*, 107(3), 663-677.
- [23] Gaspard, H., Dicke, A. L., Flunger, B., Brisson, B. M., Häfner, I., Nagengast, B., & Trautwein, U. (2015a). Fostering adolescents' value beliefs for mathematics with a relevance intervention in the classroom. *Developmental psychology*, 51(9), 1226-1240.
- [24] Gomez, (2007). What do we know about creativity ?. *The Journal of Effective Teaching* (vol. 7, N0. 1) , 31-34. (<<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1055657.pdf>).
- [25] Greene, B. A., DeBacker, T. K., Ravindran, B., & Krows, A. J. (1999). Goals, values, and beliefs as predictors of achievement and effort in high school mathematics classes. *Sex Roles*, 40(5), 421–458.
- [26] Habók, A., Magyar, A., Németh, M. B., & Csapó, B. (2020). Motivation and self-related beliefs as predictors of academic achievement in reading and mathematics: Structural equation models of longitudinal data. *International journal of educational research*, 103, 101634.
- [27] Harter, S. (1981). A new self-report scale of intrinsic versus extrinsic orientation in the classroom: motivational and informational components. *Developmental psychology*, 17(3), 300. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.17.3.300>.
- [28] Heutte, J. (2017). Apports de la théorie de l'autotélisme-flow à la recherche fondamentale en sciences de l'éducation. *Le Journal des psychologues*, (4), 42-47.
- [29] Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. M. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *science*, 326(5958), 1410-1412.
- [30] INE. (2016). Rapport analytique : programme national d'évaluation des acquis des élèves du tronc commun, PNEA.
- [31] Lubart, T. I., & Mouchiroud, C. (2003). necessity is the mother of invention. *The psychology of problem solving*, 127.
- [32] Lubart, T., & Mouchiroud, C., & Tordjman, S., & Zenasni, F. (2015). *Psychologie de la créativité*. Armand Colin, 2e édition.
- [33] Malik, S. (2018). Subscales of undergraduates' attitudes toward mathematics: a quantitative investigation. *Journal of Mathematics Education*, 11(3), 1-32.
- [34] Markus, H., & Wurf, E. (1987). The dynamic self-concept: A social psychological perspective. *Annual review of psychology*.
- [35] Meyer, J., Fleckenstein, J., & Köller, O. (2019). Expectancy value interactions and academic achievement: Differential relationships with achievement measures. *Contemporary Educational Psychology*, 58, 58-74.
- [36] Mote Jr, T. A. (1970). An artifact of the rotation of too few factors: Study orientation VS. train anxiety. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, 4(3 & 4).
- [37] Mullis, I. V., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2015). *Timss. On-line, TIMSS*.
- [38] Ntoumanis, N., Johan Y.Y. Ng, Andrew Prestwich, Eleanor Quested, Jennie E. Hancox, Cecilie Thøgersen-Ntoumani, Edward L. Deci, Richard M. Ryan, Chris Lonsdale & Geoffrey C. Williams (2020).

- A Meta-Analysis of Self-Determination Theory-Informed Intervention Studies in the Health Domain: Effects on Motivation, Health Behavior, Physical, and Psychological Health. *Health Psychology Review*, DOI: 10.1080/17437199.2020.1718529
- [39] OCDE. (2024). Résultats du PISA 2022 : La pensée créative en milieu scolaire Volume III (version abrégée), https://www.oecd-ilibrary.org/fr/education/pisa_19963785
- [40] OCDE. (2023). PISA 2022 Results The State of Learning and Equity in Education Volume I, https://www.oecd-ilibrary.org/fr/education/pisa_19963777
- [41] Pelletier, L. G., Tuson, K. M., & Haddad, N. K. (1997). Client motivation for therapy scale: A measure of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and amotivation for therapy. *Journal of personality assessment*, 68(2), 414-435.
- [42] Perls, R. D. (1973). *Experiential awareness: an existential approach to group-psychotherapy with adolescents*. The University of New Mexico.
- [43] Piccardo, E. (1999). Introduction. *Synergies Europe* (N 4), 7-12. Disponible sur : <gerflint.fr/Base/Europe4/Introduction.pdf >
- [44] Pintrich, P., and Schunk, D. (2002). *Motivation in Education: Theory, Research, and Applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [45] Plante, I., O'Keefe, P. A., Aronson, J., Fréchette-Simard, C., & Goulet, M. (2019). The interest gap: How gender stereotype endorsement about abilities predicts differences in academic interests. *Social Psychology of Education*, 22, 227-245.
- [46] Primi, C., Bacherini, A., Beccari, C., & Donati, M. A. (2020). Assessing math attitude through the Attitude Toward Mathematics Inventory–Short form in introductory statistics course students. *Studies in Educational Evaluation*, 64, 100838.
- [47] Rashmi.R (2012). Fostering creativity : A four Elemental Model of creative Pedagogy. India: Departement of education, Patna University. *Journal of education and Practice* (Vol. 3, N° 12), 5-8. (www.iiste.org/Journals/index.php/JEP/article/.../2924)
- [48] Rih, F., Limamy, K., & El Alem, W. (2023). La Motivation Chez les Jeunes Créatifs et Innovants dans le Système Éducatif Marocain. *European Scientific Journal*, ESJ, 15, 118-144. <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/16580>
- [49] Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- [50] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54–67.
- [51] Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. New York: Guilford Publishing.
- [52] Ryan, R. M., & Connell, J. P. (1989). Perceived locus of causality and internalization: examining reasons for acting in two domains. *Journal of personality and social psychology*, 57(5), 749.
- [53] Rostan, S. M. (2010). Studio learning: Motivation, competence, and the development of young art students' talent and creativity. *Creativity Research Journal*, 22(3), 261-271.
- [54] Steinmayr, R., & Spinath, B. (2009). The importance of motivation as a predictor of school achievement. *Learning and individual differences*, 19(1), 80-90.
- [55] Tapia, M. (1996). The Attitudes toward Mathematics Instrument. *Eric*, 1-21.
- [56] Tapia, M., & Marsh, G. E. (2002). Confirmatory Factor Analysis of the Attitudes toward Mathematics Inventory. *Eric*, 1-14.
- [57] Tapia, M. & Marsh, G. E. (2004). An instrument to measure mathematics attitudes. *Academic Exchange Quarterly*, 8(2), 1-9.
- [58] Tavani, C. M., & Losh, S. C. (2003). Motivation, self-confidence, and expectations as predictors of the academic performances among our high school students. *Child study journal*, 33(3), 141-152.

- [59] Tella, A. (2007). The impact of motivation on student's academic achievement and learning outcomes in mathematics among secondary school students in Nigeria. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(2), 149-156.
- [60] Tinsley HEA. & Tinsley DJ. (1987). Use of factor analysis in counseling psychology research. *Journal of Counseling Psychology*. Vol. 34, pp. 414-424.
- [61] Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., Blais, M. R., Brière, N. M., Senécal, C., & Vallières, E. F. (1992). The academic motivation scale: A measure of intrinsic, extrinsic, and amotivation in education. *Educational and Psychological Measurement*, 52, 1003-1017.
- [62] Weiner, B. (1992). *Human motivation: Metaphors, theories, and research*. Newbury Park: Sage Publications.
- [63] Wigfield, A. (1994). Expectancy-value theory of achievement motivation: A developmental perspective. *Educational Psychology Review*, 6(1), 49-78. <https://doi.org/10.1007/BF02209024>.
- [64] Wigfield, A. Eccles, J. S. (2000). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology* 25, 68-81.
- [65] Wigfield, A., Eccles, J. S., Schiefele, U. et Roeser, R. (2008). Development of achievement motivation. Dans W. Damon et R. M. Lerner (dir.), *Child and adolescent development: An advanced course* (p. 406-434). New York, NY : Wiley.
- [66] Wigfield, A., Tonks, S., & Klauda, S. L. (2009). Expectancy-Value Theory. In *Handbook of motivation at school* (pp. 69-90). Routledge.

Annexe

Le coude de Cattell



Variance totale expliquée

Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus			Somme des carrés des facteurs retenus pour la rotation		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	10,652	56,062	56,062	10,652	56,062	56,062	7,056	37,138	37,138
2	1,544	8,124	64,186	1,544	8,124	64,186	3,472	18,273	55,411
3	1,152	6,066	70,252	1,152	6,066	70,252	2,820	14,841	70,252
4	,795	4,185	74,437						
5	,592	3,118	77,554						
6	,555	2,920	80,475						
7	,513	2,700	83,175						