

Acceptabilité technologique du testing adaptatif par ordinateur (TAO) pour le diagnostic des conceptions erronées en sciences physiques

Hicham LATRECHE¹, Mohammed HAMMOU², Toufik AZZIMANI³

(1) Facultés des Lettres et sciences humains , Université Mohammed premier Oujda.

(2) Facultés des Lettres et sciences humains , Université Mohammed premier Oujda.

(3) Facultés des Lettres et sciences humains , Université Mohammed premier Oujda.

Email : hicham.latreche@ump.ac.ma , hammou.mohammed@ump.ac.ma , t.azzimani@ump.ac.ma

RÉSUMÉ

Les conceptions erronées constituent l'un des principaux obstacles à l'apprentissage des sciences physiques. En effet, les tests conceptuels sont reconnus pour leur efficacité et leur validité dans l'identification de ces conceptions ; toutefois, leur administration sous forme papier-crayon demeure chronophage et pose des problèmes de correction ainsi que de retour immédiat aux apprenants. Dans ce contexte, le testing adaptatif par ordinateur (TAO) apparaît comme une alternative pertinente, car il adapte les items au niveau de compréhension de l'apprenant, élimine les questions inutiles et permet un gain de temps, tout en fournissant une analyse automatisée des résultats. Cette recherche vise ainsi à analyser l'acceptabilité d'un dispositif de TAO fondé sur une version adaptative du Force Concept Inventory, en s'appuyant sur le Technology Acceptance Model. Une enquête menée auprès d'enseignants de sciences physiques, basée sur ce modèle, a permis d'évaluer l'acceptation de ce dispositif. Les résultats confirment une acceptation globalement favorable de cette technologie.

ABSTRACT

Misconceptions constitute one of the main obstacles to learning in physical sciences. Conceptual tests are widely recognized for their effectiveness and validity in identifying these misconceptions; however, their traditional paper-and-pencil administration is time-consuming and raises difficulties related to correction and immediate feedback to learners. In this context, computer-adaptive testing (CAT) appears as a relevant alternative, as it adapts items to the learner's level of understanding, eliminates unnecessary questions, saves time, and provides automated analysis of results. This study therefore aims to analyze the acceptability of a CAT system based on an adaptive version of the Force Concept Inventory, drawing on the Technology Acceptance Model. A survey conducted among physical science teachers, based on this model, was used to assess acceptance of the system. The results confirm an overall favorable acceptance of this technology.

MOTS-CLÉS : Testing adaptatif par ordinateur (TAO) ; Acceptation technologique ; Conceptions erronées ; Sciences physiques ; Force Concept Inventory (FCI).
KEYWORDS : Computer adaptive testing (CAT); technology acceptance; misconceptions; physics education; Force Concept Inventory (FCI).

Introduction

En tenant compte de l'importance de l'apprentissage des sciences dans le développement économique et industriel des pays, les résultats du Maroc aux évaluations internationales, telles que le Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) et le Programme for International Student Assessment (PISA), mettent en évidence des difficultés persistantes en matière d'apprentissage scientifique (OCDE, 2024 ; Institut Royal des Études Stratégiques, 2019, Ibrouk et al., 2023). Ces difficultés sont particulièrement marquées en sciences physiques, où le taux de décrochage dans la première année de l'enseignement supérieur dépasse 30 %, selon le Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique CSÉFRS (2018).

L'une des causes principales de ces difficultés réside dans la complexité de l'apprentissage des concepts scientifiques. En effet, les apprenants arrivent souvent avec des représentations personnelles préalables, dites naïves, fréquemment erronées, communément appelées conceptions erronées. Ces conceptions constituent de obstacles à l'apprentissage des concepts scientifiques si elles ne sont pas identifiées et corrigées de manière appropriée (Vosniadou et al., 2020).

Dans le domaine de la didactique des sciences, les tests conceptuels ont été conçus spécifiquement pour diagnostiquer les conceptions erronées des apprenants. Contrairement aux évaluations traditionnelles centrées sur la résolution algorithmique de problèmes, ces tests reposent sur des distracteurs soigneusement élaborés, chaque réponse incorrecte étant associée à une conception erronée particulière identifiée dans la littérature en éducation scientifique. Ainsi, l'analyse des réponses des apprenants permet de relier les choix incorrects à des schémas de raisonnement spécifiques et de diagnostiquer les conceptions sous-jacentes à leurs difficultés d'apprentissage (Hestenes et al., 1992 ; Hestenes & Halloun, 1995 ; Lasry, 2016).

Le *Force Concept Inventory (FCI)* constitue l'un des exemples les plus emblématiques de ce type d'instrument, dans lequel les distracteurs correspondent à des conceptions erronées fréquemment observées chez les apprenants en mécanique newtonienne (Hestenes et al., 1992). Cependant, malgré leur efficacité reconnue, l'administration classique de ces tests conceptuels sous forme papier-crayon représente une tâche chronophage, difficile à intégrer dans des programmes déjà fortement chargés. Elle complique également la correction des réponses et la fourniture d'un retour pédagogique rapide aux apprenants (Yasuda et al., 2021 ; Sodoké, 2007).

Bien que les recherches demeurent encore limitées dans ce domaine, plusieurs travaux menés par Yasuda et ses collègues mettent en évidence l'efficacité du testing adaptatif par ordinateur (TAO). pour l'évaluation des conceptions erronées. Ces études soulignent l'importance du respect de normes d'utilisation précises, telles que le nombre de questions, la répartition des contenus et le modèle théorique sous-jacent (Yasuda & Hull, 2021 ; Yasuda et al., 2021; Yasuda et al., 2022).

Dans ce contexte, plusieurs recherches récentes ont exploré l'intégration du testing adaptatif par ordinateur dans les tests conceptuels afin d'améliorer le diagnostic des conceptions erronées. Les résultats de ces études montrent que le testing adaptatif permet d'obtenir des mesures plus fiables de la compréhension conceptuelle tout en réduisant la durée des tests et en améliorant à la fois l'efficacité et la validité de l'évaluation (Yasuda & Hull, 2021 ; Yasuda et al., 2021 ; Yasuda et al., 2022).

Toutefois, malgré ces résultats prometteurs, la majorité des travaux se sont principalement concentrés sur la performance et la validité de ces dispositifs du point de vue des apprenants. Peu d'études se sont intéressées à la perception et à l'acceptation de ces outils par les enseignants, alors même que ces derniers jouent un rôle central dans l'intégration des

technologies d'évaluation numérique dans les pratiques pédagogiques. Dans cette perspective, la présente recherche vise à compléter ces travaux en analysant l'acceptation technologique du testing adaptatif par ordinateur par les enseignants pour le diagnostic des conceptions erronées en sciences physiques.

1 Acceptation technologique du testing adaptatif par ordinateur(TAO)

Le testing adaptatif par ordinateur occupe une place importante dans le domaine de l'évaluation éducative depuis le développement de la théorie de la réponse aux items, qui constitue son fondement psychométrique principal (Lord, 1980 ; van der Linden & Glas, 2010). Cette théorie permet de modéliser la relation probabiliste entre les réponses des apprenants aux items et leurs compétences latentes, ce qui rend possible la conception de dispositifs d'évaluation plus précis et personnalisés (Lord, 1980).

Contrairement aux tests traditionnels dans lesquels tous les candidats répondent aux mêmes questions, le testing adaptatif repose sur un processus dynamique de sélection des items en fonction des réponses précédentes de l'apprenant, permettant ainsi d'adapter l'évaluation à son niveau de compétence (van der Linden & Glas, 2010 ; Liu et al., 2024).

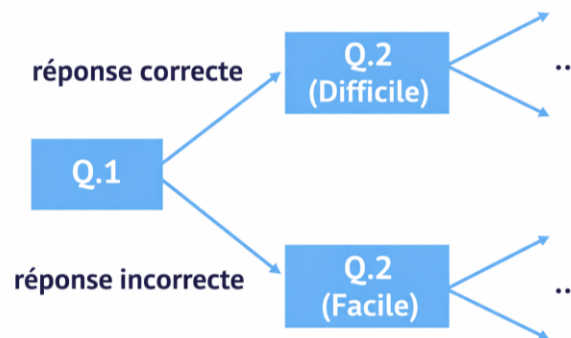


Figure 1 : Processus de testing adaptatif par ordinateur (Yasuda et al., 2022)

Grâce à cette capacité d'adaptation, le testing adaptatif est aujourd'hui utilisé dans différents contextes d'évaluation éducative et de recherche en enseignement scientifique, notamment pour analyser la compréhension conceptuelle des apprenants et diagnostiquer leurs difficultés cognitives (Morphew et al., 2018 ; Samsudin et al., 2020). Dans le domaine de l'enseignement de la physique, ces dispositifs permettent notamment d'évaluer plus précisément la compréhension conceptuelle et d'identifier les conceptions erronées associées aux principes fondamentaux de la mécanique (Morphew et al., 2018). En fournissant un diagnostic rapide et précis des connaissances des apprenants, le testing adaptatif contribue à améliorer l'évaluation des processus cognitifs et des compétences transversales telles que le raisonnement scientifique et la résolution de problèmes (Pellegrino & Hilton, 2012 ; OCDE, 2019).

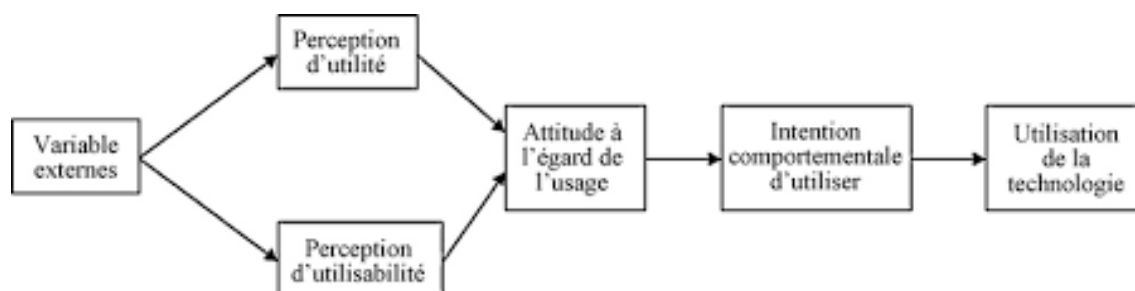


Figure 2 : Technology Acceptance Model (TAM) Davis (1989).

Par ailleurs, plusieurs recherches se sont intéressées à l'acceptabilité du testing adaptatif dans les contextes éducatifs. Les résultats indiquent généralement une perception positive de ce type d'évaluation, aussi bien chez les enseignants que chez les étudiants (Ramgovind et al., 2023 ; Goto et al., 2023 ; Spoden et al., 2022). Ces résultats sont cohérents avec les postulats du *Technology Acceptance Model*, selon lequel l'intention d'utiliser une technologie dépend principalement de son utilité perçue et de sa facilité d'utilisation perçue (Davis, 1989).

2 Évaluer les conceptions erronées à l'aide du testing adaptatif par ordinateur (TAO)

Les conceptions erronées constituent l'un des principaux obstacles à l'apprentissage des sciences physiques. Elles se forment souvent avant un enseignement scientifique structuré, à partir d'expériences quotidiennes et de raisonnements intuitifs. Bien que fonctionnelles dans des contextes ordinaires, ces conceptions entrent en contradiction avec les modèles scientifiques et résistent fréquemment à l'enseignement formel (Malaterre, 2023 ; Vosniadou, 2020). Plusieurs études montrent que ces conceptions persistent malgré l'instruction, en raison de méthodes pédagogiques peu adaptées et de connaissances antérieures mal construites (Kulgemeyer et al., 2022 ; Neidorf et al., 2020).

Dans le domaine de la mécanique newtonienne, ces conceptions erronées sont particulièrement répandues. Les apprenants développent, par exemple, des idées incorrectes sur la gravitation, le mouvement ou l'interaction entre les forces. Ces conceptions sont souvent renforcées par des analogies simplificatrices et des explications incomplètes, ce qui entrave l'appropriation des lois de Newton et limite la compréhension scientifique des apprenants (Juita et al., 2023).

L'identification de ces conceptions nécessite des outils d'évaluation spécifiques permettant d'accéder au raisonnement des apprenants. Les tests conceptuels ont été développés dans cette perspective afin de diagnostiquer les modèles mentaux mobilisés par les apprenants lors de l'interprétation des phénomènes physiques (Treagust, 1986 ; Gurel et al., 2015). Parmi ces instruments, le *Force Concept Inventory* (FCI) constitue l'un des outils les plus utilisés pour diagnostiquer les conceptions erronées en mécanique newtonienne. Conçu sans recours au calcul et basé sur des distracteurs issus de conceptions erronées fréquemment observées chez les apprenants, le FCI permet d'identifier les difficultés conceptuelles et de fournir un feedback diagnostique sur les raisonnements mobilisés par les apprenants (Hestenes et al., 1992 ; Lasry, 2016 ; Wang & Bao, 2010). Ce type de diagnostic est essentiel pour comprendre les processus cognitifs impliqués dans l'apprentissage des sciences et soutenir le changement conceptuel (Vosniadou, 2020).

Dans cette perspective, l'intégration des technologies numériques dans l'évaluation conceptuelle a conduit au développement du testing adaptatif par ordinateur (TAO). Déjà utilisé dans plusieurs contextes éducatifs et institutionnels à grande échelle, le TAO ajuste dynamiquement la difficulté des items en fonction des réponses de l'apprenant. Fondé sur la théorie de la réponse aux items, il permet d'estimer le niveau conceptuel avec un nombre réduit de questions tout en maintenant une précision élevée, ce qui améliore l'efficacité et la validité de l'évaluation (Mills, 2000 ; Yamamoto, 2019). Dans sa forme traditionnelle, l'administration du *Force Concept Inventory* nécessite généralement environ 40 minutes de passation, sans compter le temps consacré à l'explication des consignes et à l'analyse manuelle des réponses par l'enseignant, ce qui peut rendre son utilisation plus difficile dans des contextes d'enseignement où le temps est limité (Hestenes et al., 1992 ; Lasry, 2016).

Les travaux récents de Yasuda et ses collaborateurs ont montré que l'intégration du FCI dans un dispositif de testing adaptatif permet d'obtenir un diagnostic plus rapide et plus précis des conceptions erronées. En utilisant un modèle logistique à deux paramètres, leurs études

démontrent qu'un test adaptatif comportant entre 15 et 19 items peut réduire significativement la durée de passation tout en conservant une précision comparable aux tests traditionnels. Ce gain de temps permet de fournir un feedback plus rapide sur les conceptions des apprenants, facilitant ainsi l'identification précoce des difficultés cognitives et soutenant les processus de compréhension conceptuelle en sciences physiques (Yasuda et al., 2021 ; Yasuda et al., 2022).

1 Méthodologie

Cette étude adopte une approche descriptive et analytique fondée sur le *Technology Acceptance Model* (TAM) afin d'analyser l'acceptabilité du testing adaptatif par ordinateur (TAO) en sciences physiques. Le TAO est mobilisé comme dispositif d'évaluation diagnostique des conceptions erronées à travers l'intégration du *Force Concept Inventory* (FCI) sous une forme adaptative.

La conception du dispositif s'appuie sur les normes proposées par Yasuda et ses collaborateurs pour l'implémentation du FCI dans un environnement de testing adaptatif, notamment en ce qui concerne l'équilibrage du contenu, l'utilisation de techniques de programmation linéaire pour la sélection des items, ainsi que les exigences liées à l'efficacité et à la sécurité de l'évaluation (Yasuda et al., 2021 ; Yasuda & Hull, 2021 ; Yasuda et al., 2022).

Ces normes reposent notamment sur une distribution proportionnelle des sous-groupes de concepts du FCI afin de garantir une représentation équilibrée des domaines conceptuels évalués : cinématique (17 %), première loi de Newton (17 %), deuxième loi de Newton (10 %), troisième loi de Newton (13 %), principe de superposition (0 %) et types de forces (33 %). Par ailleurs, le fonctionnement de l'algorithme adaptatif repose sur le modèle logistique à deux paramètres (2PL) de la théorie de la réponse aux items (TRI), permettant d'estimer la capacité des apprenants à partir des paramètres de difficulté et de discrimination des items.

Dans cette perspective, un algorithme de testing adaptatif basé sur la TRI a été intégré dans l'environnement Moodle afin de permettre une sélection dynamique des questions et d'optimiser le processus de diagnostic des conceptions erronées.

2.1 Population et échantillonnage

Cette étude adopte une approche descriptive et analytique, fondée sur le *Technology Acceptance Model* (TAM) de Davis (1989), afin d'analyser l'acceptabilité du testing adaptatif par ordinateur (TAO) en sciences physiques. Le TAO est mobilisé comme dispositif d'évaluation des conceptions erronées, à travers l'intégration du *Force Concept Inventory* (FCI) sous une forme adaptative, conformément aux travaux de Yasuda et al. (2021). L'objectif est d'examiner les relations entre la facilité d'utilisation perçue, l'utilité perçue, l'attitude envers l'utilisation et l'intention comportementale d'adopter ce mode d'évaluation.

La population de l'étude est constituée de 61 enseignants de sciences physiques exerçant à l'Université Mohammed Premier et au Centre des Métiers de l'Enseignement de la région de l'Oriental. Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire structuré, élaboré à partir du modèle TAM et adapté au contexte de l'utilisation d'un FCI administré en TAO. Les items ont été mesurés à l'aide d'une échelle de Likert à cinq modalités.

2.2 Instrument, validité et fidélité

Afin d'illustrer le fonctionnement de ce dispositif, la figure suivante présente un exemple d'item du *Force Concept Inventory* (FCI) utilisé dans le cadre du testing adaptatif par ordinateur (TAO). Elle met en évidence la question posée, la réponse correcte ainsi que les distracteurs associés aux conceptions erronées identifiées par le *Force Concept Inventory*. Cette approche permet d'affiner le diagnostic des conceptions erronées tout en adaptant le parcours

d'évaluation aux réponses des apprenants en sciences physiques et en fournissant un feedback immédiat (Yasuda et al., 2021 ; Yasuda et al., 2022).

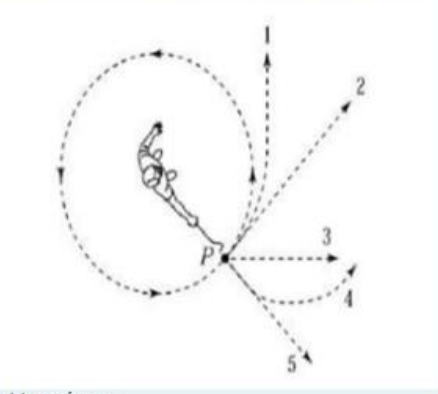
Exemple de réponse correct	Exemple de réponse incorrecte
On attache une balle d'acier à un câble puis on la fait tourner suivant une trajectoire circulaire horizontale telle qu'illustrée dans la figure ci-dessous. Au point P, le câble se casse soudainement près de la balle. Si on observe ces événements d'un point situé directement au-dessus, laquelle des 5 trajectoire ci-dessous suivra la balle après que le câble se soit cassé ?  Veuillez choisir une réponse. A.1 B.2 ✓ C.3 D.4 E.5 Feedback Votre réponse est correcte. (La réponse correcte est : 2)	Lorsqu'un bus de grande taille entre en collision avec une moto, la situation peut être décrite comme suit : Veuillez choisir une réponse. A. La force que le bus exerce sur la moto est égale à celle que la moto exerce sur le bus. ✗ B. Le bus exerce une force sur la moto, mais la moto n'exerce pas de force sur le bus. C. La force que le bus exerce sur la moto est plus grande que celle que la moto exerce sur le bus. D. La moto exerce une force plus grande sur le bus que celle que le bus exerce sur la moto. E. Aucun des deux véhicules n'exerce de force sur l'autre ; la moto est simplement percutée parce qu'elle se trouve devant le bus. Feedback Votre réponse est incorrecte (Remarque : Erreur dans la compréhension de l'attaque circulaire) La réponse correcte est : E. Aucun des deux véhicules n'exerce de force sur l'autre de manière unilatérale ; la moto se fait percuter simplement parce qu'elle se trouve devant le bus.

Figure 3 : Exemple d'item du Force Concept Inventory (FCI) utilisé dans le testing adaptatif par ordinateur (TAO) pour le diagnostic des conceptions erronées.

Un questionnaire a été élaboré à partir des objectifs de la recherche et d'une revue de littérature portant sur le modèle TAM et l'intégration des technologies éducatives dans l'évaluation (Guner & Acarturk, 2020 ; Wang et al., 2021). Le questionnaire comprend trois parties. La première présente une introduction générale sur le contexte de l'étude et les principes du TAO appliqué à l'évaluation des conceptions erronées. La deuxième partie recueille des informations sociodémographiques telles que le genre, l'ancienneté dans l'enseignement et le niveau de formation. La troisième partie comporte des items mesurant six dimensions : l'auto-efficacité dans l'utilisation du TAO, le stress et l'anxiété liés à son usage, l'utilité perçue du TAO pour diagnostiquer les conceptions erronées, la facilité d'utilisation perçue, l'attitude à l'égard du TAO et l'intention comportementale de l'utiliser. Les réponses sont recueillies à l'aide d'une échelle de Likert à cinq modalités, allant de « fortement en désaccord » à « fortement d'accord ».

La validité du contenu du questionnaire a été établie par la consultation de cinq chercheurs en évaluation et technologies éducatives. Leurs remarques ont porté sur la clarté, la pertinence et l'adéquation des items avec les objectifs de l'étude. À l'issue de cette étape, certains items ont été reformulés ou supprimés, aboutissant à la version finale de l'instrument. Par ailleurs, la validité de la cohérence interne a été vérifiée à l'aide d'une passation pilote auprès d'un groupe restreint d'enseignants n'appartenant pas à l'échantillon principal. Les coefficients de corrélation de Pearson entre chaque item et la dimension correspondante, ainsi qu'entre chaque dimension et le score total, se sont révélés statistiquement significatifs.

La fidélité du questionnaire a été examinée au moyen du coefficient alpha de Cronbach. Les résultats obtenus indiquent que les valeurs de l'alpha pour l'ensemble des dimensions ainsi que pour l'échelle globale sont supérieures au seuil de 0,70, traduisant un niveau de cohérence

interne satisfaisant. Ces résultats confirment que l'instrument de mesure présente une fiabilité adéquate pour les objectifs de la présente recherche.

2.3 Analyses statistiques

Les données recueillies ont été analysées à l'aide des logiciels SPSS et Google Colab. Dans un premier temps, des statistiques descriptives (fréquences, pourcentages, moyennes et écarts-types) ont été utilisées afin de décrire les perceptions des enseignants à l'égard du TAO intégrant le FCI. Dans un second temps, des analyses statistiques inférentielles ont été réalisées, notamment les coefficients de corrélation de Pearson, afin d'examiner les relations entre les variables du modèle TAM.

Enfin, une analyse a été conduite afin de tester empiriquement le modèle TAM de Davis (1989) dans le contexte de l'acceptation du TAO en sciences physiques. Cette analyse a permis d'examiner les relations causales entre la facilité d'utilisation perçue, l'utilité perçue, l'attitude envers l'utilisation et l'intention comportementale d'adopter le TAO pour l'évaluation des conceptions erronées.

3 Résultats et discussion

Cette étude s'inscrit dans une approche descriptive et analytique fondée sur le Technology Acceptance Model (TAM) proposé par Davis, dans le but d'analyser l'acceptabilité du testing adaptatif par ordinateur (TAO) en sciences physiques, mobilisé comme dispositif d'évaluation des conceptions erronées à travers une version adaptative du Force Concept Inventory (FCI).

Les résultats obtenus auprès d'un échantillon de 61 enseignants de sciences physiques, issus de l'enseignement secondaire et supérieur, mettent en évidence une acceptation globalement favorable du TAO comme mode d'évaluation. Les réponses recueillies à l'aide d'un questionnaire structuré, administré selon une échelle de Likert à cinq modalités, révèlent une orientation majoritairement positive pour l'ensemble des dimensions du modèle TAM.

Variables TAM	1	2	3	4	5
Utilité perçue (PU)	3,57 %	14,29 %	28,57 %	42,86 %	32,14 %
Facilité d'utilisation perçue (PEOU / PFU)	10,81 %	5,41 %	18,92 %	40,54 %	27,03 %
Attitude envers l'utilisation (ATU)	2,63 %	10,53 %	18,42 %	31,58 %	36,84 %
Intention comportementale d'utilisation (BI / IU)	5,26 %	5,26 %	15,79 %	42,11 %	31,58 %
Usage effectif perçu / Acceptation réelle (AU)	2,63 %	10,53 %	18,42 %	31,58 %	36,84 %

Tableau 1 : Distribution des réponses des enseignants selon les variables du modèle TAM (en %)

L'analyse du tableau 1 montre une tendance globalement favorable des enseignants de sciences physiques à l'égard de l'utilisation du TAO. En effet, les réponses se concentrent majoritairement dans les modalités élevées de l'échelle (4 et 5) pour l'ensemble des dimensions du modèle TAM.

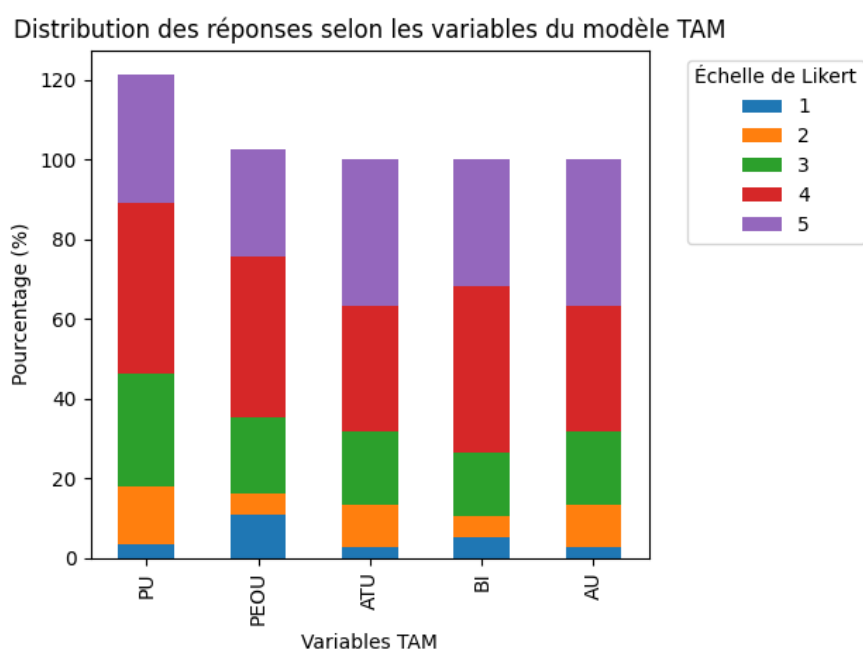


Figure 4 : Acceptation du TAO par les enseignants selon le modèle TAM

Concernant l'utilité perçue (PU), plus de la moitié des répondants expriment un accord ou un fort accord (42,86 % et 32,14 %), ce qui indique que le TAO basé sur le FCI est perçu comme un outil pertinent pour améliorer l'évaluation des apprentissages conceptuels et identifier efficacement les conceptions erronées des apprenants en sciences physiques.

La facilité d'utilisation perçue (PEOU) présente également des résultats positifs, avec 40,54 % d'accord et 27,03 % de fort accord. Ces résultats suggèrent que, malgré le caractère adaptatif et la complexité psychométrique sous-jacente du dispositif, les enseignants le considèrent comme relativement simple à prendre en main et compatible avec leurs pratiques professionnelles.

L'attitude envers l'utilisation du TAO (ATU) est nettement favorable, puisque plus des deux tiers des enseignants se positionnent dans les niveaux élevés de l'échelle. Cette attitude positive reflète une acceptation psychologique et professionnelle du TAO en tant que modalité innovante d'évaluation en sciences physiques.

De manière cohérente avec les postulats du TAM, l'intention comportementale d'utilisation (BI) est élevée, avec 42,11 % d'accord et 31,58 % de fort accord. Cette intention traduit une réelle disposition des enseignants à intégrer le TAO dans leurs pratiques futures d'évaluation.

Enfin, l'usage effectif perçu ou acceptation réelle (AU) présente une distribution similaire à celle de l'attitude, indiquant que l'acceptation du TAO ne se limite pas à une adhésion théorique, mais s'inscrit dans une perspective concrète d'utilisation du dispositif.

Dans l'ensemble, ces résultats confirment la pertinence du modèle TAM pour analyser l'acceptabilité du testing adaptatif par ordinateur appliqué à l'évaluation des conceptions erronées en sciences physiques. Ils montrent que la facilité d'utilisation perçue et l'utilité perçue constituent des leviers déterminants de l'attitude, de l'intention comportementale et, in fine, de l'acceptation effective du dispositif de TAO fondé sur le FCI.

L'analyse des corrélations de Pearson, réalisée à partir des données recueillies auprès de 61 participants, met en évidence des relations positives entre les variables du Technology Acceptance Model (TAM). Une corrélation modérée est observée entre la facilité d'utilisation perçue et l'utilité perçue ($r = 0,456$), tandis que des corrélations fortes apparaissent entre la facilité d'utilisation perçue et l'intention comportementale d'utilisation ($r = 0,685$), ainsi qu'entre l'intention comportementale et l'acceptation réelle ($r = 0,644$). En revanche, la relation entre l'utilité perçue et l'acceptation réelle demeure plus faible ($r = 0,251$). Dans l'ensemble, ces résultats confirment la pertinence du modèle TAM pour analyser l'acceptabilité du TAO et soulignent le rôle central de la facilité d'utilisation perçue dans l'adoption effective de ce dispositif d'évaluation adaptative des conceptions erronées en sciences physiques.

Conclusion

Cette recherche avait pour objectif d'analyser l'acceptabilité du testing adaptatif par ordinateur (TAO) appliqué à l'évaluation des conceptions erronées en sciences physiques, à travers une version adaptative du *Force Concept Inventory* (FCI), en s'appuyant sur le *Technology Acceptance Model* (TAM). Les résultats mettent en évidence une acceptation globalement favorable du TAO par les enseignants de sciences physiques, confirmant la pertinence du modèle TAM pour analyser l'adoption de dispositifs d'évaluation innovants. Les analyses descriptives montrent que le TAO est perçu comme utile et relativement facile à utiliser, ce qui favorise une attitude positive envers son utilisation et une intention comportementale élevée d'adopter ce mode d'évaluation. Les analyses de corrélation soulignent notamment le rôle central de la facilité d'utilisation perçue, qui influence l'utilité perçue et l'intention comportementale, en cohérence avec les postulats du TAM. Toutefois, il convient de distinguer l'intention comportementale qui correspond à la disposition déclarée de l'enseignant à utiliser la technologie après en avoir pris connaissance de l'usage effectif et durable dans les pratiques pédagogiques quotidiennes. En effet, l'intention d'utilisation ne garantit pas nécessairement une intégration pérenne de la technologie dans la pratique d'enseignement. Dans cette perspective, des études longitudinales seraient nécessaires afin d'examiner dans quelle mesure cette intention se transforme effectivement en usage régulier du TAO dans les situations d'évaluation en classe.

Par ailleurs, le TAO fondé sur le FCI apparaît comme un dispositif prometteur pour améliorer l'évaluation diagnostique des apprentissages conceptuels et pour identifier plus efficacement les conceptions erronées en sciences physiques. En fournissant un diagnostic rapide et précis des réponses des apprenants, ce dispositif permet également de générer un feedback immédiat sur leurs raisonnements. Ce feedback constitue un élément essentiel dans les approches de changement conceptuel, car il permet aux apprenants de confronter leurs conceptions initiales aux explications scientifiques et d'engager un processus de restructuration cognitive (Vosniadou, 2020 ; Duit & Treagust, 2003). Dans ce cadre, l'intégration du TAO pourrait soutenir non seulement le diagnostic des conceptions erronées, mais également la mise en place d'interventions pédagogiques ciblées par les enseignants. À cet égard, la présentation d'un schéma illustrant le processus de diagnostic adaptatif et le feedback immédiat fourni aux apprenants pourrait contribuer à mieux comprendre les mécanismes par lesquels le TAO favorise l'identification et la déconstruction progressive des conceptions erronées.

Malgré l'intérêt de ces résultats, certaines limites doivent être prises en considération. L'étude se concentre principalement sur les enseignants de sciences physiques, ce qui peut restreindre la généralisation des résultats à d'autres disciplines, dans la mesure où des différences d'attitudes vis-à-vis des technologies éducatives ont été observées selon les domaines d'enseignement. Par ailleurs, la taille de l'échantillon demeure relativement limitée, ce qui peut influencer la portée des analyses statistiques. Enfin, les résultats doivent être

interprétés en tenant compte du contexte institutionnel et pédagogique spécifique dans lequel l'étude a été menée, des facteurs culturels, organisationnels et technologiques pouvant également influencer sur l'acceptabilité du TAO. Ces éléments ouvrent des perspectives pour de futures recherches visant à élargir l'échantillon, à diversifier les disciplines étudiées et à approfondir l'analyse des conditions favorisant l'adoption durable du testing adaptatif par ordinateur dans l'enseignement des sciences physiques au Maroc.

Références

- Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique. (2018, juillet). *L'enseignement supérieur au Maroc : Efficacité, efficience et défis du système universitaire à accès ouvert*. Instance nationale d'évaluation. <https://www.csefrs.ma/publications/lenseignement-superieur-au-maroc/?lang=fr>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Gemeyer, C., & Wittwer, J. (2023). Misconceptions in physics explainer videos and the illusion of understanding: An experimental study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 417–437. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10332-7>
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (2002). *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que ça marche ?* (Nouvelle éd. augm.). Delagrave.
- Goto, T., Sasaki, T., & Kojima, K. (2023). Student acceptance of adaptive assessment systems in higher education. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 4, 100111.
- Guner, H., & Acarturk, C. (2020). The use and acceptance of ICT by senior citizens: A comparison of technology acceptance model (TAM) for elderly and young adults. *Universal Access in the Information Society*, 19, 311–330. <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0642-4>
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 989–1008. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a>
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141–158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
- Hestenes, D. & Halloun, I. (1995). Interpreting the force concept inventory: A response to March 1995 critique by Huffman and Heller. *Phys. Teach.*, 33(8), 502–506
- Institut Royal des Études Stratégiques. (2019). *Évolution du positionnement international du Maroc : Tableau de bord stratégique* (7e éd.). IRES. <https://www.ires.ma/iip/wp-content/uploads/2023/02/7EME-EDITION-DU-TABLEAU-DE-BORD-STRATEGIQUE-VF.pdf>
- Juita, Z., Sundari, P. D., Sari, S. Y., & Rahim, F. R. (2023). Identification of physics misconceptions using five-tier diagnostic test: Newton's law of gravitation context. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan IPA*, 9(8). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.4774>
- Kulgemeyer, C., et Wittwer, J. (2022). Misconceptions in physics explainer videos and the illusion of understanding: An experimental study. *International Journal of Science and Mathematics Education*. www.doi.org/10.1007/s10763-022-10265-7
- Lasry, N. (2016). Peut-on apprendre sans désapprendre ? *Pédagogie collégiale*, 29(4), 27–30. <https://www.cdc.qc.ca/pedagogie-collegiale/peut-on-apprendre-sans-desapprendre>
- Liu, Q., Zhuang, Y., Bi, H., Huang, Z., Huang, W., Li, J., Yu, J., Liu, Z., Hu, Z., Hong, Y., Pardos, Z. A., Ma, H., Zhu, M., Wang, S., & Chen, E. (2024). *Survey of computerized*

- adaptive testing: A machine learning perspective.* arXiv.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.00712>
- Lord, F. M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Routledge.
- Malaterre, C., Javaux, E. J., & López-García, P. (2023). Misconceptions in science. *Perspectives on Science*, 31(6), 717–743.
https://doi.org/10.1162/posc_a_00590
- Mills, C. N., & Steffen, M. (2000). The GRE Computer Adaptive Test: Operational issues. In W. J. van der Linden & C. A. W. Glas (Eds.), *Computerized adaptive testing: Theory and practice* (pp. 75–108). Springer.
https://doi.org/10.1007/0-306-47531-6_5
- Morphew, J. W., Mestre, J. P., Kang, H.-A., Chang, H.-H., et Fabry, G. (2018). Using computer adaptive testing to assess physics proficiency and improve exam performance in an introductory physics course. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 020110. www.doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020110
- Neidorf, T., Arora, A., Erberber, E., Tsokodayi, Y., & Mai, T. (2020). Review of research into misconceptions and misunderstandings in physics and mathematics. In *Student misconceptions and errors in physics and mathematics* (Vol. 9). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-39805-8_2
- OCDE. (2024). *L'évaluation de la performance des établissements scolaires au Maroc*. OCDE.
<https://doi.org/10.1787/4f59bfc1-fr>
- OECD. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (Eds.). (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/13398>
- Ramgovind, P., & Pramjeeth, S. (2023). Students' perceptions of computerised adaptive testing in higher education. *Independent Journal of Teaching and Learning*, 18(2).
<https://doi.org/10.17159/ijtl.v18i2.17314>
- Samsudin, M. A., Chut, T. S., Ismail, M. E., et Ahmad, N. J. (2020). A calibrated item bank for computerized adaptive testing in measuring science TIMSS performance. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16, em1863.
www.doi.org/10.29333/ejmste/8259
- Sodoké, K., Raïche, G., & Nkambou, R. (2007). La plateforme d'évaluation adaptative des apprentissages : PersonFit. HAL Archives ouvertes.
<https://hal.science/hal-00161592/document>
- Spoden, C., Fink, A., & Frey, A. (2022). Determinants of higher education teachers' intention to use technology-based exams. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6485–6513.
<https://doi.org/10.1007/s10639-022-11326-6>
- Treagust, D. F. (1986). Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple-choice items. *Research in Science Education*, 16(1), 199–207.
<https://doi.org/10.1007/BF02356857>

- Vosniadou, S. (2020). Students' misconceptions and science education. In *Oxford Research Encyclopedia of Education*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.965>
- Wang, Y., Liu, C., & Tu, Y.-F. (2021). Factors affecting the adoption of AI-based applications in higher education: An analysis of teachers' perspectives using structural equation modeling. *Educational Technology & Society*, 24(3), 116–129.
<https://www.jstor.org/stable/27032860>
- Yamamoto, K., Shin, H. J., & Khorramdel, L. (2019). *Introduction of multistage adaptive testing design in PISA 2018*. OECD Education Working Papers.
<https://doi.org/10.1787/5a8dc9a0-en>
- Yasuda, J., & Hull, M. M. (2021). Analysis to develop computerized adaptive testing with the Force Concept Inventory. *Journal of Physics: Conference Series*, 1929(1), 012009.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1929/1/012009>
- Yasuda, J., & Hull, M. M. (2021). Balancing content of computerized adaptive testing for the Force Concept Inventory. *Proceedings of the Physics Education Research Conference*.
<https://doi.org/10.1119/perc.2021.pr.Yasuda>
- Yasuda, J., Hull, M. M., & Mae, N. (2022). Improving test security and efficiency of computerized adaptive testing for the Force Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), 020138.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020138>