

Sujet de thèse UL – UT

Intelligence artificielle explicable et digne de confiance pour les systèmes de recommandation pédagogiques : application à la gamification des ressources éducatives

Contexte

L'apprentissage numérique a connu une expansion majeure ces dernières années, notamment après la pandémie de COVID-19, qui a accéléré l'adoption des environnements d'apprentissage en ligne dans les établissements d'enseignement. Les plateformes numériques permettent aujourd'hui d'accéder à une grande diversité de ressources pédagogiques et d'outils interactifs. Cependant, cette abondance de contenus pose un défi important : comment sélectionner et recommander les ressources pédagogiques les plus pertinentes selon les besoins des enseignants et les objectifs d'apprentissage ?

Dans ce contexte, les systèmes de recommandation constituent une approche prometteuse pour personnaliser l'accès aux ressources éducatives. Ces systèmes sont déjà utilisés dans plusieurs plateformes éducatives telles que Moodle, Duolingo ou Khan Academy, afin d'adapter les contenus aux profils et aux préférences des utilisateurs (Bennani et al., 2025).

Parallèlement, la gamification s'est imposée comme une stratégie efficace pour renforcer la motivation et l'engagement dans les environnements d'apprentissage numériques (Bernik, 2021). Elle consiste à intégrer des mécanismes issus du jeu tels que les points, les badges, les niveaux ou les classements dans des contextes éducatifs afin de favoriser l'implication des apprenants. De nombreuses études montrent que la gamification peut améliorer l'engagement et les performances des apprenants (Bennani et al., 2025; Dermeval et al., 2019).

Cependant, l'efficacité de ces mécanismes dépend fortement de leur adaptation au contexte pédagogique et aux objectifs d'apprentissage (Rodrigues et al., 2022). Les enseignants jouent un rôle central dans l'intégration des éléments de gamification dans leurs ressources pédagogiques, mais ils ne disposent pas toujours des outils nécessaires pour sélectionner les stratégies les plus adaptées (Gomaa et al., 2024).

Les systèmes de recommandation peuvent donc constituer un support décisionnel pour les enseignants en leur suggérant des ressources pédagogiques gamifiées adaptées à leurs objectifs pédagogiques et à leur profil. Toutefois, l'utilisation d'algorithmes d'intelligence artificielle dans ces systèmes soulève des questions importantes de transparence, d'interprétabilité et de confiance (Yang et al., 2023).

Le domaine de l'intelligence artificielle explicable vise précisément à rendre les décisions des systèmes d'intelligence artificielle compréhensibles pour les utilisateurs humains (Mualla et al., 2022). L'intégration de mécanismes d'explicabilité dans les systèmes de recommandation éducatifs permettrait ainsi aux enseignants de comprendre pourquoi une ressource gamifiée leur est recommandée, renforçant ainsi la confiance et l'acceptabilité du système.

Dans cette perspective, cette thèse s'inscrit dans le champ de l'IA explicable et digne de confiance (Explainable and Trustworthy AI) appliquée aux systèmes de recommandation pédagogiques.

Problématique

Malgré les avancées récentes dans les systèmes de recommandation éducatifs et les techniques d'explicabilité, plusieurs défis scientifiques restent ouverts :

- Les systèmes de recommandation pédagogiques proposent rarement des explications compréhensibles pour les enseignants ;
- Les approches de gamification sont souvent appliquées de manière générique, sans prise en compte du profil de l'enseignant et du contexte pédagogique ;
- L'intégration de techniques d'intelligence artificielle explicable dans les systèmes de recommandation éducatifs reste encore peu explorée.

La problématique centrale de cette thèse peut ainsi être formulée comme suit :

Comment concevoir un système de recommandation de ressources pédagogiques gamifiées intégrant des mécanismes d'intelligence artificielle explicable afin d'améliorer la transparence, la confiance et l'utilisabilité des recommandations pour les enseignants ?

Objectifs de la thèse

L'objectif général de cette thèse est de concevoir, développer et évaluer un système de recommandation pédagogique gamifié intégrant des mécanismes d'intelligence artificielle explicable et digne de confiance, afin d'améliorer la transparence, la compréhension et l'acceptation des recommandations par les enseignants.

Plus précisément, les objectifs scientifiques de la thèse sont les suivants :

1. Analyse de l'état de l'art

Réaliser une étude approfondie de la littérature scientifique portant sur :

- Les systèmes de recommandation éducatifs
- La gamification dans les environnements d'apprentissage numérique
- Les approches d'IA explicable, notamment dans les systèmes de recommandation

Cette analyse permettra d'identifier les limites des approches existantes et les besoins spécifiques des enseignants dans l'utilisation de ressources pédagogiques gamifiées.

2. Benchmark des approches d'Explainable AI

Réaliser un benchmark systématique des méthodes d'explicabilité afin d'identifier les approches les plus adaptées aux systèmes de recommandation pédagogiques. Ce benchmark portera notamment sur trois grandes catégories de méthodes : Méthodes intrinsèques (interpretable-by-design), méthodes post-hoc, et les approches hybrides neuro-symboliques (Contreras et al., 2022).

L'objectif est d'identifier les compromis entre performance, interprétabilité et utilisabilité dans le contexte spécifique des recommandations pédagogiques.

3. Conception d'un modèle de recommandation explicable

Concevoir un modèle de recommandation de ressources pédagogiques gamifiées prenant en compte :

- Le profil des enseignants
- Les objectifs pédagogiques
- Les caractéristiques des ressources éducatives
- Les mécanismes de gamification

Ce modèle pourra s'appuyer sur des approches hybrides combinant représentation symbolique (ontologies) et méthodes d'apprentissage automatique.

4. Intégration de l'explicabilité dans le pipeline du système

Développer un pipeline de recommandation explicable intégrant :

- La génération automatique d'explications
- La visualisation des facteurs influençant les recommandations
- Des interfaces permettant aux enseignants de comprendre les décisions du système.

L'objectif est de produire des explications compréhensibles, pertinentes et utiles pour la prise de décision pédagogique.

5. Proposition d'un protocole d'évaluation des systèmes de recommandation explicables

Un objectif central de la thèse est de proposer un protocole d'évaluation adapté aux systèmes de recommandation explicables dans les environnements éducatifs.

Ce protocole devra permettre d'évaluer simultanément :

- La qualité des recommandations
- La qualité des explications
- La confiance des utilisateurs dans le système
- La compréhension des recommandations par les enseignants

L'objectif est de proposer un cadre d'évaluation générique pouvant être réutilisé dans d'autres travaux portant sur les systèmes de recommandation explicables.

6. Validation expérimentale

Développer un prototype de système de recommandation explicable pour la gamification des ressources pédagogiques et réaliser :

- Des expérimentations quantitatives
- Des études utilisateurs avec des enseignants
- Une analyse comparative avec des approches existantes.

Questions de recherche

Q1 : Comment modéliser les profils des enseignants, les ressources pédagogiques et les mécanismes de gamification afin de concevoir un système de recommandation capable de proposer des ressources pédagogiques gamifiées adaptées aux objectifs pédagogiques et au contexte d'enseignement ?

Q2 : Comment comparer et évaluer les performances des différentes catégories de méthodes XAI (intrinsèques, post-hoc et hybrides neuro-symboliques) dans le contexte de la recommandation de ressources pédagogiques gamifiées ?

Q3 : Quelle approche d'intelligence artificielle explicable est le plus adaptée au système de recommandation des ressources gamifiés ?

Q4 : Comment intégrer efficacement les mécanismes d'explicabilité dans le pipeline d'un système de recommandation pédagogique tout en maintenant un équilibre entre performance des recommandations, qualité des explications et compréhension par les enseignants ?

Q5 : Comment concevoir un protocole d'évaluation permettant d'évaluer la qualité des recommandations, la qualité des explications et la confiance des utilisateurs dans les systèmes de recommandation explicables ?

Résultat attendu

La thèse permettra de :

- Mieux comprendre l'adéquation des différentes approches XAI aux systèmes de recommandation éducatifs
- Proposer un cadre méthodologique pour l'intégration de l'AI explicable dans les systèmes de recommandation pédagogiques
- Développer un protocole d'évaluation généralisable pour les systèmes de recommandation explicables.

Références

Bennani, S., Maalel, A., Ghezala, H. B., & Daouahi, A. (2025). AG- Learn: Adaptive Gamification Approach for Interactive Learning Systems. *SN Computer Science*, 6(2), 157.

<https://doi.org/10.1007/s42979-024-03579-6>

Bernik, A. (2021). Gamification framework for E-learning systems in higher education. *Tehnički Glasnik*, 15(2), 184–190.

Contreras, V., Marini, N., Fanda, L., Manzo, G., Mualla, Y., Calbimonte, J.-P., Schumacher, M., & Calvaresi, D. (2022). A desire for extracting propositional rules from neural networks via binarization. *Electronics*, 11(24), 4171.

Dermeval, D., Albuquerque, J., Bittencourt, I. I., Isotani, S., Silva, A. P., & Vassileva, J. (2019). GaTO: An ontological model to apply gamification in intelligent tutoring systems. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 2, 13.

Gomaa, Y., Moussa, S., Lahoud, C., & Abel, M.-H. (2024). Exploring Recommender Systems for Assisting Teachers in E-Learning Gamification. *Procedia Computer Science*, 246, 2312–2321.

Mualla, Y., Tchappi, I., Kampik, T., Najjar, A., Calvaresi, D., Abbas-Turki, A., Galland, S., & Nicolle, C. (2022). The quest of parsimonious XAI: A human-agent architecture for explanation formulation. *Artificial Intelligence*, 302, 103573.

Rodrigues, L., Pereira, F. D., Toda, A. M., Palomino, P. T., Pessoa, M., Carvalho, L. S. G., Fernandes, D., Oliveira, E. H. T., Cristea, A. I., & Isotani, S. (2022). Gamification suffers from the novelty effect but benefits from the familiarization effect: Findings from a longitudinal study.

International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19(1), 13.
<https://doi.org/10.1186/s41239-021-00314-6>

Yang, W., Wei, Y., Wei, H., Chen, Y., Huang, G., Li, X., Li, R., Yao, N., Wang, X., Gu, X., Amin, M. B., & Kang, B. (2023). Survey on Explainable AI: From Approaches, Limitations and Applications Aspects. *Human-Centric Intelligent Systems*, 3(3), 161–188. <https://doi.org/10.1007/s44230-023-00038-y>