



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj
Faculté des Mathématiques et d'Informatique
Département d'informatique



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

Master en informatique

Option : Technologies de l'Information et de Communication

THEME

**Profilage hybride et mise à jour adaptative des profils utilisateur pour la recommandation
Personnalisée dans les plateformes e-Learning**

Présenté par :

- Bouafia Amani
- Charifi Karima

Soutenu publiquement le : 28 \06\2025

Devant le jury composé de:

Président : Dr. Boumaza Farid

Examineur : Dr. Benabid Sonia

Encadreur : Dr. Badaoui Atika

اهداء

الحمد لله الذي يسر البدايات و أكمل النهايات و بلغنا الغايات, بكل حب اهدي ثمرة نجاحي
اللي نفسي الطموحة التي ابتدأت بطموح و انتهت بنجاح

إلى من علّمني القوة بالصبر
إلى سندي الأول، وظهري الذي لا يميل،
...إلى أبي الحبيب (لطيب)
الذي شجعتني في كل خطوة،
أهديك ثمرة جهدي وتعب سنيني،
فأنت الفضل بعد الله في كل ما وصلت إليه

إلى من غرست في قلبي حبّ العلم منذ طفولتي،
إلى من كانت تؤمن بأن العلم نور، وبأن طريقه يستحق العناء،
إلى من كانت تفرح بنجاحي أكثر مما أفرح أنا،
...إلى أمي الحبيبة (صورية)
أهديك تخرّجي، فهو ثمرة دعائك، ودليل على أن حبك للعلم قد كبر بداخلي

إلى إخواني الغاليين، (احمد , أسامة ,وسيم)
أنتم السند الذي لا يميل،
والعون الذي لا يخيب،
بدعمكم المعنوي، ومساعدتكم المادية، تجاوزت الكثير من التحديات،
وهذا العمل المتواضع ثمرة لوقوفكم بجانبني

إلى من رافقتني نبضاً داخل قلبي،
إلى روعي الصغيرة التي حملتها بين ضلوعي
كنت معي في كل محاضرة، في كل امتحان، في كل ليلة سهر وتعب،
كبرت بداخلي كما كبرت أنا بالعلم والإصرار إلى ابني الحبيب
أهديك هذا التخرج، فهو ثمرة تعبنا معاً

إلى عائلتي الكريمة،
مصدر الحب والدعم والأمان،
وإلى أصدقائي الأعزاء،
رفاق الدرب وشركاء اللحظات الجميلة والتحديات الصعبة،
لكم جميعاً، كل الامتنان على وجودكم، وتشجيعكم، وكلماتكم التي كانت النور في أوقات العتمة
أهديك هذا التخرج، فأنتم جزء من هذه الرحلة ونجاحها

أمانتي بو عافية.

اهداء

إلى روح والدي الطاهرة (عبد الله)
إليه أرسل دعائي مع كل حرفٍ حُطِّ، وكل إنجازٍ تحقق
"رحمك الله يا من غرست في قلبي حب العلم والعمل"
هذا الجهد ثمرة من غراس يديك، فأسأل الله أن يجعله في ميزان حسناتك
والى والدتي الغالية، (مايسة)
نبح الحنان، ومصدر الدعاء، وسندي في الحياة،
لكي كل الحب والتقدير، فما زال عطاؤك يضيء طريقي،
إلى زوجي العزيز، (فؤاد)
شكرًا لاحتوائك، لصبرك، ولدعمك الثابت في كل الظروف،
لقد كنتَ السند الحقيقي، والروح التي خففت عني عناء الطريق،
هذا الإنجاز ثمرة من وفائك وتشجيعك، فلك كل الامتنان والمحبة
إلى أولادي الأحباء، (عبد الله , وليد عاشور , مرام)
نبض القلب، وأمل المستقبل،
أنتم النور الذي أضاء دربي، والدافع الذي حفّزني للمضي قدمًا،
لكم أهدي هذا العمل فخرًا ومحبة
إلى عائلتي الكريمة بكل أفرادها،
الذين كانوا لي سندًا ودعامة في كل مرحلة،
شكرًا لكم من القلب، فبوجودكم كان للطريق طعمٌ آخر
وإلى أصدقائي الأعزاء،
من شاركوني الجهد، وخففوا عني العناء،
لكم مني أصدق التحيات، فأنتم جزء لا يتجزأ من هذا الإنجاز
الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات،
له الشكر على التوفيق، وله الحمد في الأولى والآخرة
شريقي كريمة

Remerciements

Nous remercions le bon Allah tout-puissant, qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus durant la réalisation de ce mémoire.

Un grand merci à madame badaoui atika pour son suivi, ses conseils et son aide précieuse tout au long du projet.

Nos remerciements vont également à l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj, en particulier au département d'informatique, ainsi qu'à tout le personnel enseignant, administratif et technique pour leur encadrement, leur disponibilité et l'environnement propice à l'apprentissage qu'ils nous ont offert.

Enfin, un grand merci à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet. À tous, nous disons sincèrement : merci.

Résumé

Les systèmes de recommandation ont énormément amélioré l'expérience utilisateur sur internet. En particulier, les systèmes de recommandation dans l'e-Learning ont joué un rôle clé en aidant les étudiants à découvrir de nouveaux cours pertinents, basés sur des facteurs spécifiques et leur comportement sur la plateforme. Notre objectif principal est de créer un système de recommandation hybride en combinant deux modèles : l'approche basée sur le contenu et l'approche de filtrage collaboratif. Le principal problème pour les étudiants lorsqu'ils étudient en ligne est qu'ils sont exposés à une grande quantité de données qui peut nuire à leur réussite académique. Notre algorithme améliore l'apprentissage automatique, et les résultats démontrent son efficacité en termes de qualité et de pertinence. L'apprentissage automatique aidera notre système à comprendre le comportement des étudiants grâce à de nombreuses méthodes ce qui permettra d'obtenir des informations sur le contenu le plus susceptible de leur être pertinent, cette recherche constitue une modeste contribution au domaine des systèmes de recommandation et met en lumière leur potentiel à améliorer l'expérience et la productivité des étudiants.

Mots-clés : Systèmes de recommandation, E-Learning, Profil utilisateur, Filtrage collaboratif, Filtrage à base de contenu, Approche hybride

Abstract

Recommender systems have greatly improved the user experience on the internet. In particular, recommender systems in e-learning have played a key role in helping students discover new and relevant courses based on specific factors and their behaviour on the platform. Our main objective is to create a hybrid recommender system by combining two models: the content-based approach and the collaborative filtering approach. The main problem for students when studying online is that they are exposed to a large amount of data, which can hinder their academic success. Our algorithm improves on machine learning, and the results demonstrate its effectiveness in terms of quality and relevance. Machine learning will help our system understand student behaviour through multiple methods, which will provide insights into the content most likely to be relevant to them. This research constitutes a modest contribution to the field of recommender systems and highlights their potential to improve student experience and productivity.

Keywords: Recommender systems, E-Learning, User profile, Collaborative filtering, Content-based filtering, Hybrid approach

ملخص

حسّنت أنظمة التوصية تجربة المستخدم على الإنترنت بشكل كبير. وعلى وجه الخصوص، لعبت أنظمة التوصية في التعليم الإلكتروني دورًا محوريًا في مساعدة الطلاب على اكتشاف مساقات جديدة وذات صلة بناءً على عوامل محددة وسلوكهم على المنصة. هدفنا الرئيسي هو إنشاء نظام توصية هجين من خلال الجمع بين نموذجين: النهج القائم على المحتوى ونهج التصفية التعاوني. تكمن المشكلة الرئيسية التي يواجهها الطلاب عند الدراسة عبر الإنترنت في تعرضهم لكمية كبيرة من البيانات، مما قد يعيق نجاحهم الأكاديمي. تعمل خوارزميتنا على تحسين التعلم الآلي، وتُظهر النتائج فعاليته من حيث الجودة والملائمة. سيساعد التعلم الآلي نظامنا على فهم سلوك الطلاب من خلال أساليب متعددة، مما يوفر رؤى ثاقبة حول المحتوى الأكثر ملائمة لهم. يُمثل هذا البحث مساهمة متواضعة في مجال أنظمة التوصية، ويُبرز قدرتها على تحسين تجربة الطلاب وإنتاجيتهم.

الكلمات المفتاحية: نظم التوصية , التعليم الإلكتروني , ملف تعريفى للمستخدم , الترشيح التعاوني , الترشيح المعتمد على المحتوى , المقاربة الهجينة

Liste de matières

Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des abréviations	viii
Introduction générale.....	1
Structure de rapport	3
Partie 1: État de l'art	3
Chapitre 1.1 Le profil utilisateur.....	4
1.1.1 Introduction.....	4
1.1.2 Notion de profil utilisateur.....	4
1.1.3 Dimensions clés de profil utilisateur	5
1.1.3.1 Les domaines d'intérêt d'un utilisateur.....	5
1.1.3.2 Connaissances, expérience et compétences.....	6
1.1.3.3 Buts et intentions.....	6
1.1.3.4 le comportement.....	7
1.1.3.5 Les caractéristiques individuelles.....	7
1.1.3.6 Le contexte.....	7
1.1.3.7 Émotion.....	7
1.1.4 Typologie de profil utilisateur.....	8
1.1.4.1 profil statique.....	8

1.1.4.2	profils dynamiques.....	8
1.1.5	Construction et modélisation de profil.....	8
1.1.6	Les méthodes utilisées dans la construction de profils utilisateur....	9
1.1.6.1	L’approche explicite.....	9
1.1.6.2	L’approche implicite.....	9
1.1.7	Les modèles de représentation du profil utilisateur.....	9
1.1.7.1	Vecteurs de caractéristiques.....	9
1.1.7.2	Ontologies ou des graphes sémantiques.....	9
1.1.7.3	Profils probabiliste ou statistiques.....	10
1.1.7.4	Les approches qui utilisent l’apprentissage automatique et Le machin Learning.....	10
1.1.8	conclusion.....	10
Chapitre 1.2 Les systèmes de recommandation.....		11
1.2.1	Introduction.....	11
1.2.2	Définition.....	11
1.2.3	Approches utilisées pour la recommandation.....	12
1.2.3.1	Filtrage par contenus (content based filtering)	13
1.2.3.2	Filtrage collaborative (collaborative filtering)	14
1.2.3.3	Filtrage hybride (hybrid filtering)	15
1.2.4	Étude comparative entre les approches.....	16
1.2.5	problèmes et limites des systèmes de recommandation	18

1.2.5.1 démarrages à froid.....	18
1.2.5.2 La sparsité des données	19
1.2.5.3 biais de popularité.....	19
1.2.5.4 transparences des algorithmes.....	19
1.2.5.5 protection de la vie privée.....	19
1.2.6 Les techniques avancées basées sur l'intelligence artificielle et le machine Learning	20
1.2.6.1 Réseaux de neurones pour modéliser les préférences.....	20
1.2.6.2 Systèmes de type séquence-apprentissage (RNN, Transformer) pour suivre l'évolution du parcours de l'utilisateur.....	20
1.2.6.3 Graph neural networks pour modéliser les relations entre utilisateurs, cours et compétences.....	21
1.2.7 Conclusion.....	21
Chapitre 1.3 .Recommandation dans l'e-Learning.....	22
1.3.1 introduction	22
1.3.2 Définition du e-Learning.....	22
1.3.2.1 Exemples de systèmes existants.....	22
1.3.2.2 Spécificités du contexte pédagogique.....	24
1.3.3 Besoins de personnalisation dans l'e-Learning.....	25
1.3.4 Types de recommandations dans l'e-Learning.....	25
1.3.5 limitation des approches existantes	26

Conclusion.....	27
Partie 2 : conception et implémentation.....	28
2.1 introduction.....	29
Chapitre 2.1. Modélisation dynamique du profil utilisateur.....	30
2.1.1 introduction.....	30
2.1.2 Description et modélisation du profil utilisateur.....	30
2.1.2.1 Modèles vectoriels.....	31
2.1.2.2 Modèles sémantiques	31
Chapitre 2.2. Mécanismes de mise à jour du profil utilisateur.....	32
2.2.1 Introduction.....	32
2.2.1. Modification manuelle par l'utilisateur.....	32
2.2.2. Mise à jour automatique basée sur les interactions.....	32
2.2.3. Décroissance temporelle des préférences anciennes.....	33
Chapitre 2.3. Évaluation du système de recommandation.....	34
2.3.1. Métriques classiques d'évaluation d'un système de Recommandation.....	34
2.3.2. Métriques spécifiques à l'e-Learning.....	35
2.3.3. Fonctionnement du module d'évaluation	37
2.2 Conclusion.....	38
Chapitre 2.4 Mise en œuvre et expérimentation.....	39
2.4.1 Introduction.....	39

2.4.2 Objectifs de la mis en œuvre.....	39
2.4.3 Environnement de développement.....	40
2.4.3.1 Google colab	40
2.4.3.2 Python	40
2.4.4 Technologies et outils utilisés.....	42
2.4.5 Mise en œuvre.....	44
2.4.5.1 Dataset	44
2.4.6 Prétraitement	46
2.4.7 L'implémentations.....	47
2.4.8 Évaluation expérimentale.....	52
2.4.9 Discussion	54
2.4.10 Conclusion.....	56
Conclusion générale.....	53
Bibliographie.....	54

Liste des figures

Figure 1.2.1 : système de recommandation.....	12
Figure 1.1.2 : Filtrage par contenus.....	13
Figure 1.1.3 : filtrage collaboratif.....	18
Figure 1.2: Approches utilisées pour la recommandation.....	14
Figure 2.5.4.1: En-tête du dataset <i>items</i>	44
Figure 2.4.5.2 : En-tête du dataset <i>explicit-rating</i>	45
Figure 2.4.5.3 : répartition des notes	45
Figure 2.4.5.4: pourcentage visionnage	46
Figure 2.4.6 : Jeu de données nettoyé (<i>clean dataset</i>).....	47
Figure 2.4.7.1 : code pour filtrage par contenu	48
Figure 2.4.7.2 : Suite du code de filtrage par contenu.....	49
Figure 2.4.7.3 : code de filtrage collaboratif	50
Figure 2.4.7.4 : code de l'approche hybride.....	51
Figure 2.4.8.1 : Métrique classique.....	53
Figure 2.4.8.2 : Métrique spécifique	54

Liste des tableaux

Tableau 1.2.1 : Comparaison entre les différentes approches..... 17

Tableaux 1.3.1 : Tableau comparatif des principales plateformes de cours en ligne.....24

Tableaux 3.5.1 : Résultats comparatifs des approches de recommandation selon les métriques d'évaluation.....55

Tableaux 3.5.2 : Évaluation qualitative des approches de recommandation selon l'engagement et la pertinence perçue.....55

Liste des abréviations

- **ALS**: Moindres carrés alternés(Alternating Least Squares)
- **CSV**: Valeurs séparées par des virgules Comma-Separated Values (Comma-Separated Values)
- **EDX** : Plateforme d'échange éducatif (fondée par Harvard et le MIT)
- **E-Learning** : Apprentissage en ligne
- **GNN** : Réseau de Neurones Graphique(Graph Neural Network)
- **GPU** : Processeur graphique (Graphics Processing Unit)
- **IA** : Intelligence Artificielle
- **ID** : Identifiant (Identifiant)
- **KNN** : K plus proches voisins
- **NDCG** : Gain cumulatif actualisé normalisé (Normalized Discounted Cumulative Gain)
- **RNN** :Réseau de Neurones Récurent
- **TF-IDF** : Fréquence du terme - Fréquence inverse des documents
- **TPU** : Unité de traitement de tenseurs (Tensor Processing Unit)

Introduction Générale

À l'ère du numérique, les apprenants sont confrontés à une surabondance d'informations, rendant la recherche de contenus pédagogiques pertinents de plus en plus difficile, notamment dans le domaine de l'e-learning où l'offre de cours en ligne est vaste et diversifiée. Pour accompagner efficacement les utilisateurs dans leur parcours d'apprentissage, les systèmes de recommandation se sont imposés comme des outils indispensables. Grâce aux progrès de l'intelligence artificielle, ces systèmes peuvent aujourd'hui analyser des volumes massifs de données et proposer des suggestions personnalisées. Toutefois, les approches classiques présentent encore certaines limites, comme le problème du démarrage à froid, le manque de pertinence dans certains cas ou encore une faible adaptation au contexte de l'utilisateur. Chaque méthode, qu'elle soit collaborative ou basée sur le contenu, possède ses propres avantages, mais aussi des faiblesses qui peuvent altérer la qualité des recommandations. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail, qui vise à concevoir un système de recommandation hybride de cours en ligne, combinant intelligemment le filtrage collaboratif, le filtrage basé sur le contenu et des techniques avancées d'apprentissage automatique. Ce système a pour ambition de proposer aux apprenants des suggestions pédagogiques à la fois précises, personnalisées et pertinentes, en s'appuyant sur la complémentarité des différentes approches. Pour valider cette démarche, le modèle hybride sera évalué sur un jeu de données issu d'une plateforme d'e-learning et comparé aux méthodes traditionnelles, dans le but de démontrer que l'hybridation permet d'améliorer significativement la qualité et la personnalisation des recommandations. L'hypothèse sous-jacente est que si le filtrage collaboratif seul offre une performance de base, limitée en cas de données insuffisantes, et si le filtrage par contenu permet une meilleure adéquation mais reste parfois redondant, alors l'intégration des deux avec des techniques intelligentes d'analyse de données conduira à un système plus robuste, évolutif et performant.

Structure de rapport

Ce mémoire est structuré comme suit :

Introduction générale : Cette introduction expose le contexte et la problématique du projet, définit les objectifs poursuivis ainsi que l'hypothèse de travail

Partie 1 : État de l'art

Cette première partie pose les fondements théoriques de notre travail. Elle est consacrée à l'étude des concepts essentiels liés aux systèmes de recommandation, en particulier dans un contexte personnalisé comme celui du e-Learning

Chapitre 1.1 : Le profil utilisateur Introduction au concept de profil utilisateur et aux méthodes pour modéliser ses préférences de manière dynamique et personnalisée.

Chapitre 1.2 : Les systèmes de recommandation Présentation des principales approches de recommandation et des apports récents de l'intelligence artificielle.

Chapitre 1.3: Recommandation dans l'e-Learning Exploration de l'usage des systèmes de recommandation dans l'e-learning et des besoins spécifiques liés à la personnalisation pédagogique.

Partie 2 : méthodologie et conception

Cette partie résume le processus global de création du système proposé, depuis la conception jusqu'à l'expérimentation. Elle débute par la modélisation du profil utilisateur pour suivre l'évolution de ses préférences, puis intègre une couche prédictive combinant filtrage collaboratif, filtrage par contenu et apprentissage automatique. Le système est ensuite implémenté dans un environnement adapté, avant d'être testé et évalué à l'aide de métriques standards afin de valider ses performances face aux approches classiques.

Conclusion générale : Cette conclusion récapitule les travaux réalisés, analyse les résultats obtenus et propose des perspectives d'amélioration pour de futurs travaux.