

Résumé Cette étude introduit un processus d'analyse de l'engagement issu des pratiques de l'analyse de l'apprentissage (Learning Analytics). Dans l'analyse de l'apprentissage, les traces numériques permettent le calcul d'indicateurs d'apprentissage à partir desquels des rapports descriptifs, diagnostiques, prédictifs ou prescriptifs peuvent être construits. A travers une revue systématique de la littérature, nous montrons que la notion d'engagement des apprenants est une réalité multidimensionnelle et un indicateur de haut niveau dans le contexte de l'apprentissage. Son analyse revêt un grand intérêt pour les acteurs de l'éducation en ligne, où l'asynchronie et les obstacles à l'observation directe rendent la perception de l'engagement difficile.

L'engagement des apprenants peut ainsi être traité comme un processus d'optimisation continue, reposant sur trois étapes : l'observation, l'évaluation, et l'action correctrice, correspondant à trois niveaux d'analyse. L'observation s'appuie sur des traces numériques décrivant l'engagement (analyse descriptive), l'évaluation se fait à l'aide d'indicateurs qualifiant l'engagement (analyse diagnostique), et l'optimisation est réalisée grâce à des dispositifs qui déclenchent et soutiennent l'engagement (analyse prédictive et prescriptive).

Nous synthétisons notre travail dans une matrice bidimensionnelle d'analyse de l'engagement, croisant ces trois niveaux avec les trois dimensions (cognitive, émotionnelle, et comportementale) de l'engagement.

Keywords: analyse, apprentissage, numérique, engagement, apprenant

Résumé This paper introduces an Engagement Analytics process closely related to Learning Analytics practices.

In Learning Analytics, digital traces lead to the computation of learning indicators from which descriptive, diagnostic, predictive or prescriptive reporting can be derived.

Based on a systematic literature review, we acknowledge that the notion of learner engagement is a multi-dimensional reality and a high-level indicator in learning. Its analysis is of great interest to stakeholders in online education, where asynchronicity and barriers to direct observation make the perception of engagement a challenge.

Learner engagement can thus be treated as a process of continuous optimization, based on three stages : observation, evaluation, and corrective action, corresponding to three levels of analysis.

The observation is based on digital traces describing the engagement (descriptive analysis), the evaluation is done using indicators qualifying the engagement (diagnostic analysis), and the optimization is done by devices that trigger and support the engagement (predictive and prescriptive analysis).

We synthesize our work in a two-dimensional matrix of engagement analysis, crossing these three levels with the three dimensions (cognitive, emotional, and behavioral) of engagement.

Keywords: learning, analysis, digital, engagement, learner

De l'analyse de l'apprentissage à l'analyse de l'engagement : revue de littérature et nouvelle matrice de synthèse

Prosper Sanou¹, Eric Bittar¹, Bart Lamiroy¹

Université de Reims Champagne-Ardenne
CReSTIC, UR 3804
[first.last]@univ-reims.fr

1 Introduction

L'engagement des apprenants pose un défi majeur dans l'apprentissage en ligne. Alors qu'il est facile d'observer le comportement des apprenants pour soutenir leur engagement dans les contextes en présentiel et synchrones, il devient moins évident dans les formations en ligne, où l'implication autonome des apprenants constitue un enjeu crucial. Dans le cadre des *Learning Analytics* (LA), l'exploitation des traces numériques forme un outil précieux pour répondre à cette problématique.

Parmi les indicateurs généralement construits à partir des traces numériques, l'engagement des apprenants apparaît comme un supra-indicateur, prédicteur de succès. Cependant, le concept d'engagement est complexe. Il est nécessaire, dans un premier temps, de le définir clairement, puis d'examiner comment le promouvoir efficacement dans les environnements d'apprentissage en ligne.

Des travaux en LA ont abordé le sujet et proposent différentes approches et représentations. Dans cet article, nous passons en revue (Section 2) et discutons (Section 3) la littérature relative à ces approches de l'engagement des apprenants afin d'en présenter une vue d'ensemble suffisamment complète et actualisée (Section 4).

2 Engagement des apprenants : une revue systématique de la littérature

2.1 Méthodologie

Notre revue systématique porte sur l'engagement des apprenants dans les apprentissages numériques. Nous avons suivi les quatre étapes de la norme PRISMA [9] : identification, sélection, éligibilité et inclusion des articles.

Identification des articles

Critères d'inclusion

— Articles scientifiques en anglais, publiés avec évaluation par les pairs

Critères d'exclusion

- Date de publication : antérieure à 2014
- Type d'article : éditorial

Contextes concernés

- Apprentissage numériques (EIAH)
- Apprentissage en ligne (E-learning)

Champs disciplinaires

- Learning Analytics (LA)
- Educational Data Mining (EDM)
- Artificial Intelligence in Education (AIED)

Concepts recherchés (en anglais)

- Engagement, motivation, behavior, behaviour
- Learner, student
- Indicator, predictor

Choix des bibliothèques et moteurs de recherche

Nous avons retenu dix bibliothèques numériques ou moteurs de recherche. Table 1 présente le nombre d'articles obtenus pour chacun.

Bibliothèques et moteurs de recherche	Résultats
JLA (Journal of Learning Analytics)	13
JEDM (Journal of Educational Data Mining)	4
IJAIE (International Journal of Artificial Intelligence in Education)	7
CJLT (Canadian Journal of Learning and Technology)	6
ERIC (Education Resources Information Center)	133
ACM (Association for Computing Machinery)	163
Web of Science	16
Science Direct	164
Wiley	34
Scopus	68
Total	608

TABLE 1. Bibliothèques et moteurs de recherche

Cette identification a conduit à un ensemble de 608 articles.

Sélection des articles Nous avons supprimé les répétitions (15 articles), et vérifié, à travers les titres et les résumés, que les articles appartiennent à l'un des trois champs disciplinaires (LA, EDM, AIED). Cela a réduit le nombre des articles à 115 (52 de revue, 63 de conférence).

Les 52 articles de revue ont été retenus pour être étudiés. Parmi les 63 articles de conférence des 11 dernières années (2014 à 2024), nous avons sélectionné ceux des 5 dernières années (2020 à 2024) ; 27 ont ainsi été retenus. Cette phase a conduit finalement à la sélection de 79 articles.

Éligibilité Cette phase a impliqué une lecture rapide des 79 articles, tous jugés éligibles pour une lecture complète.

Inclusion Cette phase a validé l'apport des 79 articles à l'étude de l'engagement de l'apprenant, qui ont tous été inclus.

2.2 L'importance de l'engagement des apprenants

Treullier *et al.* [49], soulignent que l'engagement des étudiants est essentiel à un processus d'apprentissage de qualité. Willans *et al.* [37], s'appuyant sur les travaux de Tang [19], indiquent que l'engagement dans l'apprentissage est perçu comme une qualité souhaitable chez les apprenants, malgré la diversité des définitions et interprétations du concept (*cf.* Section 2.3) et des moyens pour l'atteindre.

Selon la littérature, l'engagement est principalement valorisé pour son rôle d'indicateur d'apprentissage et de prédicteur de réussite.

L'engagement comme indicateur d'apprentissage Iksal [13] définit un indicateur comme un élément observable et éducativement significatif, calculé à partir d'observations pour évaluer la qualité d'une interaction ou d'une activité d'apprentissage. Ces indicateurs, motivés par des objectifs pédagogiques, sont variés et largement étudiés, couvrant les outils pédagogiques (taux d'utilisation), le contenu éducatif (courbe d'apprentissage) et les apprenants eux-mêmes (engagement dans l'apprentissage).

L'engagement, en tant qu'indicateur d'apprentissage axé sur les apprenants, est un indicateur de haut niveau reposant sur divers indicateurs d'engagement tels que la présence, la participation, la persévérance et la performance. Leur mesure permet de définir des profils d'engagement [47] (actif, passif, non engagé) en fonction de la participation, et du nombre d'activités (élevé, modéré, faible, nul).

Chi et Wylie [17] identifient quatre modes d'engagement : interactif, constructif, actif et passif, chacun correspondant à des comportements d'apprentissage spécifiques. Ces modes influencent la profondeur des processus d'apprentissage et les résultats obtenus.

Ainsi l'engagement est un indicateur majeur de l'apprentissage. Il regroupe d'autres indicateurs qui permettent son évaluation (*cf.* Section 2.5) et aident à identifier des profils ou des modes d'engagement.

L'engagement vu comme un prédicteur de réussite L'engagement des apprenants est corrélé à la réussite académique et éducative [36, 45], bien que la notion de réussite doive être définie dans chaque contexte éducatif. Un niveau élevé d'engagement correspond le plus souvent à de meilleurs résultats d'apprentissage.

Les travaux montrent que l'engagement est difficile à mesurer mais qu'il comporte à la fois des aspects quantitatifs et qualitatifs.

2.3 Définitions de l'engagement des apprenants

Diverses définitions de l'engagement existent dans la littérature. En tant qu'indicateur d'apprentissage et prédicteur de succès, l'engagement est une variable observable qui dépend de différents facteurs regroupés en trois paramètres clés : l'activité, le temps, et le processus.

L'engagement selon la quantité d'actions Fredricks *et al.* [5] évoquent l'engagement comportemental comme la participation à des activités et l'implication dans des tâches. En ce sens, l'engagement est mesuré par la quantité d'actions ou d'événements. Cette vision correspond à la position de Kiesler [1, 3], qui postule que seules les actions nous engagent réellement. De ce point de vue, l'engagement se mesure à la quantité d'actions : plus il y a d'actions, plus l'engagement est conséquent.

L'engagement comme variable basée sur le temps alloué L'engagement des apprenants fait généralement référence au temps et aux efforts qu'ils consacrent à leurs expériences académiques [4, 20]. Étant donné que l'effort est difficile à mesurer, le temps est souvent utilisé comme critère principal.

L'engagement comme variable basée sur la qualité des comportements d'apprentissage [8, 10] définissent l'engagement comme une combinaison d'accès, de conformité et d'investissement. [5] met également l'accent sur la notion de conformité, définissant l'engagement comportemental comme « *effectuer le travail et respecter les règles.* »

D'autres auteurs voient dans l'engagement une qualité des comportements de l'apprenant. [30] soutient que l'engagement comportemental fait référence à la participation des apprenants dans l'apprentissage, y compris l'effort, la persistance et la concentration. [2, 39] définissent l'engagement comme un investissement psychologique et un effort dirigé vers l'apprentissage, la compréhension, la maîtrise des connaissances et le développement des compétences ou capacités attendues. De ce point de vue, l'engagement est perçu comme une qualité du comportement orienté vers un objectif.

2.4 Dimensions de l'engagement des apprenants

[11, 39] considèrent l'engagement selon deux dimensions : comportementale et cognitive. L'engagement comportemental concerne la conduite de l'apprenant. L'engagement cognitif fait référence à son investissement intellectuel, incluant la concentration, l'attention et les stratégies d'apprentissage.

[5] identifie une troisième dimension : la dimension émotionnelle ou motivationnelle, qui fait référence aux réponses affectives et émotionnelles de l'apprenant envers l'institution et l'enseignant [39].

[7] ajoute la dimension académique, qui relève de la motivation extrinsèque de satisfaire des exigences institutionnelles.

2.5 Mesure de l'engagement

Les différents indicateurs rapportés dans la littérature pour mesurer l'engagement sont résumés dans la table 2 :

Indicateurs	Définitions	Sources	Commentaires
Présence sociale	Interactions entre apprenants ou entre apprenants et enseignants	[18, 25]	Trois dimensions : contexte social, communication en ligne, interactivité
Présence cognitive	Communication et interaction soutenues entre les apprenants, et avec le contenu pédagogique	[6]	Participation qualitative aux activités d'apprentissage
Participation	Collaboration	[50]	Active, passive ou inexistante
Contribution	Apport de l'apprenant aux tâches collaboratives	[35]	Proche de la participation
Performance	Résultante des évaluations d'apprentissage	[51]	Résultats de tests et d'exams
Persévérance	Tentatives répétées pour réussir une activité d'apprentissage	[47]	Reflète l'engagement cognitif
Ordre des activités	Manière de séquencer les activités	[33]	Linéaire ou non
Conformité	Respect du calendrier et des standards établis pour l'apprentissage	[37]	Conformité de période et d'enchaînement des activités
Régularité	Reflète les habitudes d'étude	[29, 27, 47]	Régularité temporelle (horaires d'étude cohérents), régularité des actions (modèles d'activité cohérents pendant les sessions d'apprentissage)
Fréquence	Rythme des activités d'apprentissage, y compris les taux d'accès et de participation	[33]	indicateur assez proche de la régularité
Accès	Présence dans un environnement d'apprentissage	[37]	L'accès n'indique pas nécessairement un engagement actif
Temps alloué	Temps consacré aux activités d'apprentissage	[28]	Souvent corrélé avec le succès

Indicateurs	Définitions	Sources	Commentaires
Réactivité	Délai entre la date de la disponibilité d'une activité, et celle du premier accès à celle-ci	[32, 33]	idem
Distraction	Participation à des activités non liées à l'apprentissage pendant les sessions	[54]	Contre-indicateur d'engagement
Échec	Sous-performance	[52, 42],	idem
Procrastination	Reporter les tâches à la dernière minute ou au-delà de la date limite	[55, 41]	idem
Abandon	Taux insuffisant d'achèvement	[52, 42]	idem
Motivation	Intérêt, désir, appétit d'apprendre	[22]	Motivation intrinsèque
Perception	Appréciation de la pédagogie (contenu, style, outils)	[35]	A une influence sur la motivation
Intérêt	Force motivationnelle puissante qui stimule l'engagement	[24]	Influence les trajectoires académiques, est essentiel pour réussir
Satisfaction	Résultante de l'évaluation portée sur l'apprentissage (environnement, relations avec les pairs et avec les enseignants)	[50, 44]	Peut révéler les causes de l'engagement
Achèvement	Complétion d'une activité ou d'un parcours d'apprentissage	[12, 14, 15]	Indicateur d'engagement
Investissement	Aller au-delà des exigences minimales	[37]	ex. recherche de meilleurs scores en repassant des quiz
Compétences d'étude	Aptitudes, attitudes, et habitudes intellectuelles	[40]	Les techniques d'étude, y compris la maîtrise de l'outil informatique et les compétences académiques, jouent un rôle significatif dans l'engagement et la réussite

TABLE 2: Indicateurs d'engagement

3 Discussion et Synthèse

3.1 Les Dimensions de l'Engagement des Apprenants

L'engagement des apprenants est une construction multidimensionnelle intégrant des dimensions cognitives, affectives, motivationnelles, psychologiques, comportementales et académiques. Bien qu'un engagement productif puisse reposer sur une seule dimension, la combinaison de plusieurs dimensions renforce son efficacité. Chaque projet éducatif nécessite une personnalisation des dimensions pertinentes.

Dans cet article, l'engagement est défini comme l'investissement cognitif, comportemental et émotionnel de l'apprenant dans les activités d'apprentissage, illustré par le schéma de Nkomo *et al.* [43] (voir Fig 1).

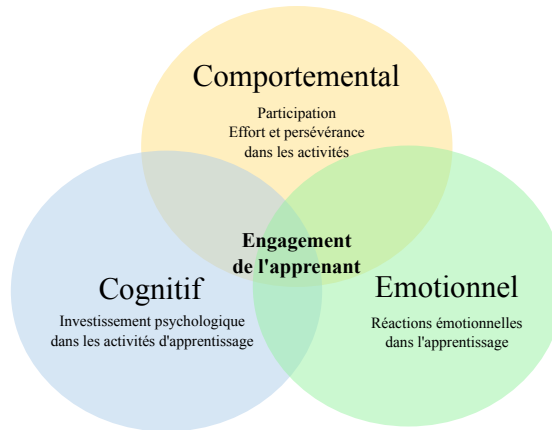


FIGURE 1. Dimensions de l'engagement des apprenants [43]

- L'engagement cognitif se réfère à l'implication mentale de l'apprenant dans l'apprentissage, englobant l'effort, la persévérance et l'investissement intellectuel.
- L'engagement émotionnel fait référence à l'implication affective de l'apprenant, y compris le désir et la motivation d'apprendre.
- L'engagement comportemental concerne l'interaction physique de l'apprenant avec son environnement d'apprentissage, impliquant la participation active et l'interaction avec les supports d'apprentissage.

Notre analyse de l'engagement dans l'apprentissage en ligne se concentrera sur ces trois dimensions, qui sont complémentaires et essentielles pour construire un engagement optimal, tant dans les contextes d'apprentissage formels qu'extrascolaires.

3.2 Définitions de l'engagement des apprenants

Les définitions et indicateurs de l'engagement des apprenants présentés dans la Section 2.3 sont davantage complémentaires que contradictoires selon la perspective des Learning Analytics (LA). Ensemble, ils fournissent une vision globale de l'engagement, intégrant deux dimensions principales : quantitative et qualitative.

- Vision quantitative : L'engagement est souvent considéré comme un phénomène observable et mesurable à travers des indicateurs tels que la quantité d'activités, le temps passé, le nombre de pages consultées, les messages lus, ou l'activité de la souris et du clavier, reflétant la présence active de l'apprenant.

Cependant, une partie de l'engagement, liée à des ressources externes (exercices hors ligne, documents téléchargés, livres), n'est pas capturée dans l'environnement numérique d'apprentissage. De plus, l'engagement ne peut être réduit à une simple mesure des interactions ou du temps passé en ligne. Le temps consacré à la réflexion et à l'assimilation des connaissances, ainsi que la manière dont elles sont intégrées, est essentiel, bien que souvent négligé dans les mesures quantitatives.

- Vision qualitative : Bien que les mesures quantitatives offrent une approche objective, elles doivent être complétées par une analyse qualitative qui évalue le comportement d'apprentissage [8, 5, 30, 39]. Des aspects tels que la persévérance, la régularité, la concentration et la conformité donnent un aperçu de l'engagement cognitif et émotionnel des apprenants.

Une des limites de la vision qualitative est la tendance à généraliser les profils d'engagement comme étant normatifs pour tous les apprenants. En réalité, chaque apprenant développe des stratégies et des tactiques uniques pour atteindre ses objectifs d'apprentissage, ce qui rend difficile l'imposition d'un modèle d'engagement standardisé.

Les indicateurs d'engagement observés dans la littérature se chevauchent souvent et renvoient à des paramètres similaires. Par exemple, participation et contribution se rapportent toutes deux à l'implication d'un apprenant dans les interactions avec ses pairs ou ses enseignants. De même, accès et temps passé mesurent l'engagement à travers des métriques similaires. Des indicateurs comme la réactivité et la procrastination reflètent une même réalité sous-jacente : la gestion du temps. Ainsi, de nombreux indicateurs d'engagement partagent des significations communes à travers différentes approches.

3.3 Notre définition de l'engagement des apprenants

Les définitions de la littérature, bien que diverses, sont complémentaires et contribuent à fournir une compréhension holistique du concept. Nous considérons l'engagement comme un indicateur d'apprentissage défini comme une variable dépendante à la fois des données quantitatives (temps, événements) et des données qualitatives (processus). Nous le considérons comme un indicateur de

haut niveau composé d'indicateurs de niveau inférieur, dérivés des traces numériques et d'autres données collectées, offrant un tableau complet des progrès et de l'implication de l'apprenant tout au long du processus d'apprentissage.

4 Analyse de l'engagement

Il s'agit de prendre en compte et de soutenir efficacement l'engagement tout au long du processus d'apprentissage. Pour cela, nous proposons une approche en trois étapes.

4.1 Une approche en trois étapes : Observer, Évaluer, et Optimiser

Nous étendons les pratiques des LA à l'analyse de l'engagement. Cela implique d'utiliser les traces numériques des activités des apprenants pour construire des indicateurs d'engagement, et de les organiser selon trois étapes :

Observation : Collecter, stocker et décrire les traces numériques représentant différentes formes d'engagement des apprenants (par exemple, le temps passé sur les tâches, la fréquence de participation, les niveaux d'interaction).

Évaluation : Les données sont ensuite mesurées, diagnostiquées et analysées pour identifier des motifs, des tendances et des zones potentielles de préoccupations. L'évaluation inclut des mesures quantitatives (comme le temps passé) et des informations qualitatives (comme la motivation et la qualité de l'engagement).

Optimisation : La dernière étape se concentre sur l'utilisation des informations obtenues pour améliorer l'engagement. Cela peut impliquer l'ajustement des stratégies pédagogiques, la fourniture de retours ciblés, ou l'utilisation de techniques motivationnelles pour encourager une plus grande implication des apprenants. L'objectif est d'optimiser l'engagement de manière à soutenir le succès individuel des apprenants et à promouvoir l'efficacité globale de l'apprentissage.

Ce cadre en trois étapes procède d'un cycle continu d'amélioration, où l'engagement est régulièrement évalué et affiné en fonction des données en temps réel, menant à une expérience d'apprentissage plus efficace.

4.2 Cycle d'analyse de l'engagement

1. **Observer les données** Notre système d'analyse des données repose sur les preuves collectées à partir des interactions des apprenants dans les environnements numériques d'apprentissage. Ces données sont tracées par des collecteurs tels que xAPI¹ ou Caliper², qui fournissent des preuves observables des activités en utilisant leurs syntaxes respectives. Par exemple,

1. <https://xapi.com/>

2. <https://www.ledtech.org/standards/caliper>

xAPI utilise la structure Acteur/Verbe/Objet, tandis que Caliper adopte le schéma Acteur/Action/Activité. Ces syntaxes permettent de répondre à des questions essentielles sur le comportement des apprenants, telles que : qui a fait quoi, quand et où...

2. **Évaluer les indicateurs** La deuxième phase se concentre sur la construction d'indicateurs d'engagement pertinents à partir des traces collectées. Cela implique d'analyser les données pour générer des informations sur les modes d'engagement, les profils d'apprenants et les tendances comportementales. En fonction des résultats de cette évaluation, différents profils ou modes d'engagement peuvent être identifiés et pris en compte.
3. **Optimiser ou déclencher proactivement l'engagement** La phase finale du système vise à optimiser l'engagement grâce à des interventions proactives. Conçues pour améliorer ou maintenir l'engagement en exploitant des outils et stratégies éducatifs, elles stimulent et soutiennent la motivation et la participation des apprenants.

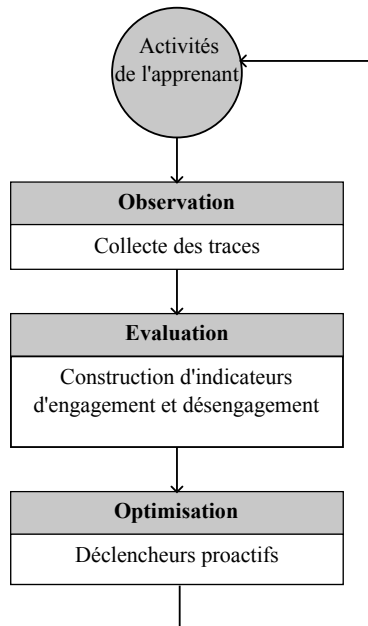


FIGURE 2. Schéma général de l'analyse de l'engagement des apprenants

Ce cycle d'analyse de l'engagement en trois phases est itératif (voir Fig 2), et peut être appliqué à chaque dimension de l'engagement : cognitive, émotionnelle et comportementale.

4.3 Matrice d'Analyse de l'Engagement

Nous résumons selon les trois dimensions de l'engagement (cognitif, émotionnel, comportemental), les trois étapes de l'analyse (observation, évaluation et optimisation). Cela permet une analyse détaillée et systématique de l'engagement, illustrée par la matrice de la table 3.

ENGAGEMENT	Cognitif	Émotionnel	Comportemental
Observation	Traces d'engagement cognitif	Traces d'engagement émotionnel	Traces d'engagement comportemental
Évaluation	Indicateurs d'engagement cognitif	Indicateurs d'engagement émotionnel	Indicateurs d'engagement comportemental
Optimisation	Dispositifs d'engagement cognitif	Dispositifs d'engagement émotionnel	Dispositifs d'engagement comportemental

TABLE 3. Matrice d'engagement

4.4 Analyse de l'engagement cognitif

Traces d'engagement cognitif : l'observation de l'engagement cognitif repose sur des traces associées à des activités qui démontrent l'implication mentale de l'apprenant :

- le temps alloué à une activité ;
- la fréquence de connexion à la plateforme en ligne ;
- le nombre de répétitions d'une activité ;
- le nombre de tentatives d'un exercice ;
- le nombre de réponses à un test ;
- les résultats d'évaluation (notes, scores) ;
- le nombre de niveaux terminés ;
- le nombre de badges obtenus ;
- le nombre de défis relevés ;
- le nombre de devoirs rendus à temps ou en retard.

Il s'agit généralement de données quantitatives qui permettent d'observer l'engagement cognitif.

Indicateurs d'engagement cognitif : pour évaluer et mesurer l'engagement cognitif, des indicateurs positifs ou négatifs peuvent être calculés à partir des traces collectées.

Des indicateurs positifs de l'engagement cognitif : performance ; persévérance ; présence cognitive ; contribution ; achèvement ; compétences d'étude...

Indicateurs négatifs de l'engagement cognitif : échec ; abandon.

Dispositifs d'engagement cognitif : certains dispositifs éducatifs sont utiles pour soutenir et améliorer l'engagement cognitif.

Interaction Nous distinguons deux types de dispositifs :

- **Interaction Apprenant-Enseignant** Il s'agit d'un dispositif proactif visant à favoriser l'engagement cognitif, tout en maintenant le rôle pédagogique de l'enseignant, essentiel pour l'apprenant dans l'apprentissage en ligne. Bien que l'enseignant et l'apprenant ne soient plus en face à face comme dans l'enseignement traditionnel, la communication entre les deux reste bénéfique pour le processus d'apprentissage.

Selon Oladipupo *et al.* [53], l'interaction apprenant-enseignant inclut des relations formelles et informelles, ainsi que les multiples rôles des enseignants dans les institutions éducatives, tels que modèles, conseillers, instructeurs, mentors et tuteurs.

Dans un environnement d'apprentissage numérique, l'interaction apprenant-enseignant est un facteur clé d'engagement, car elle favorise un sentiment d'appartenance à une institution commune. Les formes d'interaction incluent souvent des retours motivationnels ou des systèmes de questions-réponses.

- **Interaction entre apprenants** Cette interaction correspond aux systèmes d'apprentissage collaboratif où les apprenants peuvent échanger avec leurs pairs. Ces environnements améliorent l'engagement en créant un sentiment d'appartenance à un groupe, une équipe ou une communauté. Les formes d'interaction entre apprenants incluent souvent les forums ou le travail en groupe.

Transfert d'intérêt Il s'agit d'un dispositif proactif pour stimuler l'engagement des apprenants en ligne. En connaissant les intérêts d'un apprenant au cours de son expérience d'apprentissage, il est possible de lui recommander du contenu en ajustant ses centres d'intérêt ou préférences aux objectifs pédagogiques.

Évaluation formative (Devoirs, examens, QCM, enquêtes) L'évaluation formative est un dispositif proactif d'engagement des apprenants. Elle est souvent utilisée dans les formations en ligne pour son impact motivationnel.

Inscription aux cours (ou enregistrement dans l'apprentissage)

Pour Tatel *et al.* [48], les données d'inscription aux cours constituent des mesures d'intérêt significatif dans le processus d'apprentissage. Tout comme les données de suivi des systèmes de gestion de l'apprentissage agissent comme indicateurs comportementaux d'engagement cognitif avec le contenu, le comportement d'inscription agit comme un indicateur d'engagement cognitif dans la planification de l'achèvement d'un programme.

4.5 Analyse de l'Engagement Émotionnel

Traces pour l'Observation de l'Engagement Émotionnel Les traces qui nous permettent d'observer l'engagement émotionnel sont généralement de type auto-déclaré. Il s'agit de données provenant d'enquêtes et de questionnaires. En plus de ces données subjectives, l'engagement émotionnel peut également être observé à travers des données linguistiques, qui sont plus objectives si elles sont sincères (*par exemple*, sans sarcasme ni ironie). Pour ce faire, il est important de collecter les textes produits par l'apprenant et d'observer leur engagement émotionnel à l'aide de techniques telles que le Traitement Automatique du Langage Naturel (TALN), par exemple.

Indicateurs pour l'Évaluation de l'Engagement Émotionnel Nous pouvons identifier quatre indicateurs de l'engagement émotionnel :

- satisfaction ;
- intérêt ;
- perception ;
- motivation intrinsèque.

Dispositifs pour l'Optimisation de l'Engagement Émotionnel

- Outils de sondage ;
- Forums de discussion.

4.6 Analyse de l'engagement comportemental

Traces pour l'observation de l'engagement comportemental Les traces qui permettent d'observer l'engagement comportemental sont généralement celles des interactions avec l'environnement d'apprentissage. Ces traces, liées au comportement des apprenants, sont les plus abondantes :

l'heure et la date de début d'une activité spécifique ; l'heure et la date de fin d'une activité spécifique ; la durée en millisecondes de cette activité ; la quantité d'utilisation de la molette de la souris pendant l'activité ; le nombre de clics effectués avec la molette de la souris ; le nombre de clics gauche et droit pendant une activité ; la distance parcourue par les mouvements de la souris ; le nombre de frappes au clavier ; le nombre de pages vues, à quel moment et dans quel ordre ; le nombre d'accès des apprenants par cours ; le nombre d'interactions des apprenants par cours ; la moyenne des minutes passées par les apprenants sur chaque cours ; le nombre d'accès des apprenants à un contenu spécifique ; le nombre d'interactions des apprenants avec un élément spécifique ; la fréquence de navigation dans les cours ; la fréquence des consultations sur le forum ; la fréquence des contributions sur le forum ; la fréquence de visionnage des cours ; le nombre de sessions ; la durée totale ; les jours actifs ; les interactions avec les vidéos du cours : chargement, lecture, mise en pause, recherche arrière, recherche avant et arrêt ; le nombre total d'actions (ou activités) effectuées sur la page du cours ; le nombre de mots saisis ; le nombre d'évaluations complétées.

Indicateurs pour l'évaluation de l'engagement comportemental

- **Indicateurs positifs de l'engagement comportemental** : participation ; fréquence ; régularité ; réactivité ; accès ; conformité ; investissement ; ordre des activités ; temps investi en temps synchrone ; présence sociale.
- **Indicateurs négatifs de l'engagement comportemental** : abandon ; procrastination ; distraction.

Dispositifs pour l'optimisation de l'engagement comportemental

La gamification est l'une des méthodes les plus efficaces pour augmenter l'engagement des apprenants, créant des expériences d'apprentissage attrayantes. Daghestani *et al.* [38] soutiennent qu'il s'agit d'une manière d'augmenter leur engagement en utilisant des éléments de jeu dans un contexte non-ludique appelé *Serious Gaming*. Elle favorise ainsi l'engagement des apprenants en intégrant des mécaniques telles que des classements, des opportunités de progression, des récompenses et autres éléments ludiques dans les activités d'apprentissage.

Les tactiques et stratégies d'apprentissage : connaître les tactiques et stratégies utilisées par les apprenants peut permettre d'établir des profils d'apprentissage et des profils des apprenants pour une instruction personnalisée avec un meilleur engagement. En connaissant les méthodes déployées par les apprenants, il est possible de créer une approche pédagogique centrée sur l'apprenant.

La granularité dans la conception de la formation concerne la taille des entités constitutives du parcours d'apprentissage. Le niveau de granularité est mesuré par la taille de ses éléments les plus petits. Cela est significatif dans l'apprentissage en ligne, car chaque entité demande une action, et chaque action génère une trace qui peut être pertinente.

- **Granularité temporelle** : pour Jovanovic *et al.* [31], dans une formation s'étalant sur plusieurs mois, les comportements des apprenants peuvent ne pas changer significativement en quelques semaines, tandis que dans une activité d'apprentissage intensive, des changements notables peuvent apparaître en quelques heures.
- **Granularité didactique** : cela concerne le niveau de détail des scénarios de formation mis en œuvre et permet de mesurer certains indicateurs. Derrière chaque clic, il y a un message lié à l'apprentissage. Plus le contenu est granulaire, plus la collecte des preuves d'apprentissage sera abondante, mais cela doit être pris en compte dès la phase de conception des scénarios d'apprentissage [50].

L'apprentissage collaboratif se produit lorsque différents apprenants interagissent et modifient le travail des autres. Les systèmes d'apprentissage collaboratif favorisent la participation et la contribution des apprenants [35], [48].

Le rythme d'apprentissage peut être décomposé en deux situations principales : l'apprentissage guidé par l'instructeur ou l'apprentissage auto-

nome. Dans un MOOC guidé par un instructeur, la structure du cours est linéaire et séquentielle. Dans un apprentissage autonome, le parcours est plus adaptatif, et l'apprenant peut décider de l'ordre des contenus. Campbell *et al.* [16] suggèrent qu'un apprenant indépendant préfère généralement la structure autonome pour un MOOC.

La cohorte Il s'agit d'un cas particulier de l'apprentissage régulé par l'instructeur, où le cours possède une période de début et de fin. Les apprenants inscrits pendant la même période forment une cohorte [34], ce qui crée un sentiment d'appartenance à un groupe et réduit le taux d'abandon des apprenants [21].

Les sessions synchrones en ligne ont notamment été étudiées dans [28] dans le contexte d'un programme de formation avancée. L'une des conclusions de cette recherche était que le temps passé dans des sessions synchrones en ligne était corrélé avec l'engagement des apprenants et leur succès.

L'apprenant mentor répond aux besoins des apprenants qui cherchent du soutien pendant le processus d'apprentissage. Cela permet d'élargir l'accès au support au-delà des forums gérés par l'enseignant, où il peut être difficile de trouver une assistance adéquate lorsque le nombre d'apprenants est élevé. Un système de recommandations des pairs peut donc être bénéfique pour l'engagement et le succès des apprenants [23].

Learning Analytics (LA) Les travaux de Wang *et al.* [46] montrent l'importance des LA dans l'apprentissage en ligne pour les enseignants et les apprenants. Un tableau de bord LA propose des recommandations personnalisées et une meilleure compréhension des progrès individuels des étudiants, tout en permettant aux enseignants d'adapter leurs méthodes pédagogiques grâce aux données collectées. Le tableau de bord de l'apprenant lui fournit des informations sur ses activités et résultats, ce qui peut être une source d'auto-régulation de son apprentissage, de motivation et d'engagement [26]. Un système d'alerte précoce peut également maintenir et améliorer l'engagement des apprenants [26].

5 Conclusion

Cet article présente une étude utilisant les *Learning Analytics* pour observer, évaluer et optimiser l'engagement dans l'apprentissage en ligne.

Notre revue systématique de la littérature montre que le concept d'engagement est riche, multiforme et complexe à modéliser :

- c'est un indicateur majeur de l'apprentissage et un prédicteur du succès
- il est défini comme une variable avec des paramètres à la fois quantitatifs (temps, actions) et qualitatifs (manière)
- il est multidimensionnel (cognitif, émotionnel, comportemental)
- il est calculé à partir de plusieurs indicateurs tels que la persévérance, la motivation et la fréquence.

Nous proposons une méthodologie d'analyse de l'engagement en trois étapes, dérivée de l'analyse de l'apprentissage :

- **l'observation** concerne les traces d'engagement
- **l'évaluation** concerne les indicateurs d'engagement
- **l'optimisation** concerne les dispositifs de déclenchement et de soutien de l'engagement.

Nous appliquons cette analyse aux trois dimensions de l'engagement : cognitive, émotionnelle et comportementale.

Ce travail offre un aperçu global, synthétique et organisé des données fragmentées provenant de la littérature sur l'engagement dans l'apprentissage numérique. Il fournit un moyen structuré de conceptualiser l'analyse de l'engagement selon deux axes : les dimensions de l'engagement et les étapes du processus d'analyse.

La phase expérimentale de notre travail fait partie d'un projet en cours et dont les données seront disponibles dans les 12 à 18 mois.

Références

- [1] Charles A. KIESLER. *The Psychology of Commitment*. New York, Academic Press, 1971.
- [2] Fred M. NEWMANN. *Student Engagement and Achievement in American Secondary Schools*. Teachers College Press, 1234 Amsterdam Avenue, New York, NY 10027, 1992.
- [3] Laurence PIROT et Jean-Marie DE KETELE. « L'engagement académique de l'étudiant comme facteur de réussite à l'université Étude exploratoire menée dans deux facultés contrastées ». In : *Revue des sciences de l'éducation* 26.2 (2000), p. 367-394.
- [4] George D. KUH. « What We're Learning About Student Engagement From NSSE : Benchmarks for Effective Educational Practices ». In : *Change : The Magazine of Higher Learning* 35.2 (1^{er} mars 2003), p. 24-32.
- [5] Jennifer A. FREDRICKS, Phyllis C. BLUMENFELD et Alison H. PARIS. « School Engagement : Potential of the Concept, State of the Evidence ». In : *Review of Educational Research* 74.1 (2004), p. 59-109.
- [6] Heather KANUKA et D. Randy GARRISON. « Cognitive Presence in Online Learning ». In : *Journal of Computing in Higher Education* 15.2 (1^{er} mars 2004), p. 21-39.
- [7] Amy L. RESCHLY et Sandra L. CHRISTENSON. « Prediction of Dropout Among Students With Mild Disabilities : A Case for the Inclusion of Student Engagement Variables ». In : *Remedial and Special Education* 27.5 (1^{er} sept. 2006), p. 276-292.
- [8] George D. KUH, Jillian KINZIE, Jennifer A. BUCKLEY, Brian K. BRIDGES et John C. HAYEK. « Piecing Together the Student Success Puzzle : Research, Propositions, and Recommendations. ASHE Higher Education Report, Volume 32, Number 5 ». In : *ASHE Higher Education Report* 32.5 (2007), p. 1-182.

- [9] David MOHER, Alessandro LIBERATI, Jennifer TETZLAFF et Douglas G. ALTMAN. « Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses : The PRISMA Statement ». In : *International Journal of Surgery* 8.5 (1^{er} jan. 2010), p. 336-341.
- [10] Vicki TROWLER. *Student Engagement Literature Review*. The Higher Education Academy, 2010.
- [11] P. RICHARD, Bernard HUGUETTE et Kozanitis ANASTASSIS. « Enseigner à l'université Dans Une Approche-Programme ». In : 2011.
- [12] John DANIEL. « Making Sense of MOOCs : Musings in a Maze of Myth, Paradox and Possibility ». In : *Journal of Interactive Media in Education* 2012.3 (13 déc. 2012).
- [13] Sébastien IKSAL. « Ingénierie de l'observation basée sur la prescription en EIAH ». thesis. Université du Maine, 18 sept. 2012.
- [14] Lori BRESLOW et al. « Studying Learning in the Worldwide Classroom Research into edX's First MOOC ». In : *Research & Practice in Assessment* 8 (2013), p. 13-25.
- [15] M. Mitchell WALDROP. « Online Learning : Campus 2.0 ». In : *Nature* 495.7440 (1^{er} mars 2013), p. 160-163.
- [16] Jennifer CAMPBELL, Alison GIBBS, Hedieh NAJAFI et Cody SEVERINSKI. « A Comparison of Learner Intent and Behaviour in Live and Archived MOOCs ». In : *International Review of Research in Open and Distributed Learning* 15.5 (2014), p. 235-262.
- [17] Michélene T. H. CHI et Ruth WYLIE. « The ICAP Framework : Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes ». In : *Educational Psychologist* 49.4 (2 oct. 2014), p. 219-243.
- [18] Luka NGOYI et al. « The Relationship between Student Engagement and Social Presence in Online Learning ». In : *International Journal* 3.4 (2014), p. 242-247.
- [19] Ramona TANG. « Fostering Student Engagement in an Academic Writing Class through an Electronic Academic Writing Survey ». In : *Asian Journal of the Scholarship of Teaching and Learning* 4.3 (2014), p. 142-153.
- [20] Jing MA, Xibin HAN, Juan YANG et Jiangang CHENG. « Examining the Necessary Condition for Engagement in an Online Learning Environment Based on Learning Analytics Approach : The Role of the Instructor ». In : *The Internet and Higher Education* 24 (1^{er} jan. 2015), p. 26-34.
- [21] Afsaneh SHARIF et Barry MAGRILL. « Discussion Forums in MOOCs ». In : *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* 12.1 (1 2 juill. 2015).
- [22] P.g. de BARBA, G.e. KENNEDY et M.d. AINLEY. « The Role of Students' Motivation and Participation in Predicting Performance in a MOOC ». In : *Journal of Computer Assisted Learning* 32.3 (juin 2016), p. 218-231.
- [23] H. DRACHSLER et M. KALZ. « The MOOC and Learning Analytics Innovation Cycle (MOLAC) : A Reflective Summary of Ongoing Research and Its Challenges ». In : *Journal of Computer Assisted Learning* 32.3 (juin 2016), p. 281-290.

- [24] Judith M. HARACKIEWICZ, Jessi L. SMITH et Stacy J. PRINISKI. « Interest Matters : The Importance of Promoting Interest in Education ». In : *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences* 3.2 (1^{er} oct. 2016), p. 220-227.
- [25] B. K. PURSEL, L. ZHANG, K. W. JABLOKOW, G. W. CHOI et D. VELEGOL. « Understanding MOOC Students : Motivations and Behaviours Indicative of MOOC Completion ». In : *Journal of Computer Assisted Learning* 32.3 (juin 2016), p. 202-217.
- [26] Kenneth David STRANG. « Do the Critical Success Factors from Learning Analytics Predict Student Outcomes? ». In : *Journal of Educational Technology Systems* 44.3 (mars 2016), p. 273-299.
- [27] Ji Won YOU. « Identifying Significant Indicators Using LMS Data to Predict Course Achievement in Online Learning ». In : *The Internet and Higher Education* 29 (1^{er} avr. 2016), p. 23-30.
- [28] Lin B. CARVER, Keya MUKHERJEE et Robert LUCIO. « Relationship between Grades Earned and Time in Online Courses ». In : *Online Learning* 21.4 (déc. 2017), p. 303-313.
- [29] Rebeca CEREZO, María ESTEBAN, Miguel SÁNCHEZ-SANTILLÁN et José C. NÚÑEZ. « Procrastinating Behavior in Computer-Based Learning Environments to Predict Performance : A Case Study in Moodle ». In : *Frontiers in Psychology* 8 (24 août 2017).
- [30] Sidney D'MELLO, Ed DIETERLE et Angela DUCKWORTH. « Advanced, Analytic, Automated (AAA) Measurement of Engagement During Learning ». In : *Educational psychologist* 52.2 (2017), p. 104-123.
- [31] Jelena JOVANOVIĆ, Dragan GAŠEVIĆ, Shane DAWSON, Abelardo PARDO et Negin MIRRIAH. « Learning Analytics to Unveil Learning Strategies in a Flipped Classroom ». In : *The Internet and Higher Education* 33 (1^{er} avr. 2017), p. 74-85.
- [32] Daisha J. CIPHER, Regina W. URBAN, Jeanean BOYD et Mary E. MANCINI. « Online Course Engagement Among Undergraduate Nursing Student Veterans ». In : *Journal of Veterans Studies* 4.1 (17 déc. 2018).
- [33] R. CONIJN, A. VAN DEN BEEMT et P. CUIJPERS. « Predicting Student Performance in a Blended MOOC ». In : *Journal of Computer Assisted Learning* 34.5 (oct. 2018), p. 615-628.
- [34] Robert L. MOORE, Kevin M. OLIVER et Chuang WANG. « Setting the Pace : Examining Cognitive Processing in MOOC Discussion Forums with Automatic Text Analysis ». In : *Interactive Learning Environments* 27 (2019), p. 655-669.
- [35] Jeremy NG, Xiao HU, Miyu LUO et Sam K. W. CHU. « Relations among Participation, Fairness and Performance in Collaborative Learning with Wiki-based Analytics ». In : *Proceedings of the Association for Information Science and Technology* 56.1 (jan. 2019), p. 463-467.
- [36] Rubiela Carrillo ROZO. « Monitoring learners' engagement in mind mapping activities from interaction traces ». Thèse de doct. Université de Lyon, 11 mars 2019.

- [37] Fiona WILLANS et al. « Fostering and Evaluating Learner Engagement with Academic Literacy Support : Making the Most of Moodle ». In : *Journal of University Teaching and Learning Practice* 16.4 (2019).
- [38] Lamya F. DAGHESTANI, Lamiaa F. IBRAHIM, Reem S. AL-TOWIRGI et Hesham A. SALMAN. « Adapting Gamified Learning Systems Using Educational Data Mining Techniques ». In : *Computer Applications in Engineering Education* 28.3 (mai 2020), p. 568-589.
- [39] Laetitia GERARD et Ariadna Ayala RUBIO. « Sources d'influence de l'engagement des étudiants dans un dispositif de classe inversée à l'université : le cas de PedagInnov ». In : *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur* 36.1 (1 26 fév. 2020).
- [40] Quan NGUYEN, Bart RIENTIES et Denise WHITELOCK. « A Mixed-Method Study of How Instructors Design for Learning in Online and Distance Education ». In : *Journal of Learning Analytics* 7.3 (3 17 déc. 2020), p. 64-78.
- [41] Y. YANG et al. « Predicting Course Achievement of University Students Based on Their Procrastination Behaviour on Moodle ». In : *Soft Computing* 24.24 (2020), p. 18777-18793.
- [42] Benedict DU BOULAY. « Jim Greer's and Mary Mark's Reviews of Evaluation Methods for Adaptive Systems : A Brief Comment about New Goals ». In : *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 31.3 (sept. 2021), p. 622-635.
- [43] Larian M. NKOMO, Ben K. DANIEL et Russell J. BUTSON. « Synthesis of Student Engagement with Digital Technologies : A Systematic Review of the Literature ». In : *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 18.1 (30 juin 2021), p. 34.
- [44] M.C. SÁIZ-MANZANARES, R. MARTICORENA-SÁNCHEZ et J. OCHOA-ORIHUEL. « Using Advanced Learning Technologies with University Students : An Analysis with Machine Learning Techniques ». In : *Electronics (Switzerland)* 10.21 (2021).
- [45] D. TZIMAS et S. DEMETRIADIS. « The Impact of Learning Analytics on Student Performance and Satisfaction in a Higher Education Course ». In : *Proc. Int. Conf. Educ. Data Min., EDM*. Proceedings of the 14th International Conference on Educational Data Mining, EDM 2021. Sous la dir. de HSIAO I.-H., SAHEBI S., BOUCHET F. et VIE J.-J. International Educational Data Mining Society, 2021, p. 654-660.
- [46] Dongqing WANG et Hou HAN. « Applying Learning Analytics Dashboards Based on Process-Oriented Feedback to Improve Students' Learning Effectiveness ». In : *Journal of Computer Assisted Learning* 37.2 (avr. 2021), p. 487-499.
- [47] Amal Ben SOUSSIA. « Analyse prédictive des données d'apprentissage, en situation d'enseignement à distance ». Thèse de doct. Université de Lorraine, 5 déc. 2022.
- [48] Corey E. TATEL, Sibley F. LYNDGAARD, Ruth KANFER et Julia E. MELKERS. « Learning While Working : : Course Enrollment Behaviour

- as a Macro-Level Indicator of Learning Management Among Adult Learners ». In : *Journal of Learning Analytics* 9.3 (3 16 déc. 2022), p. 104-124.
- [49] C. TREULLIER et A. BOYER. « A New Way to Characterize Learning Datasets ». In : *International Conference on Computer Supported Education, CSEDU - Proceedings*. International Conference on Computer Supported Education, CSEDU - Proceedings. Sous la dir. de CUKUROVA M., RUMMEL N., GILLET D., McLAREN B. et UHOMOIBHI J. T. 2. Science and Technology Publications, Lda, 2022, p. 35-44.
 - [50] D. YILDIRIM et Y. GÜLBAHAR. « Implementation of Learning Analytics Indicators for Increasing Learners' Final Performance ». In : *Technology, Knowledge and Learning* 27.2 (2022), p. 479-504.
 - [51] M. SAQR, S. LÓPEZ-PERNAS, S. HELSKE et S. HRASTINSKI. « The Longitudinal Association between Engagement and Achievement Varies by Time, Students' Profiles, and Achievement State : A Full Program Study ». In : *Computers and Education* 199 (2023).
 - [52] A. AL-SULAMI, M. AL-MASRE et N. AL-MALKI. « Predicting At-Risk Students' Performance Based on LMS Activity Using Deep Learning ». In : *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 14.6 (2023), p. 1210-1220.
 - [53] Olufunke OLADIPUPO et Seth SAMUEL. « A Learning Analytic Approach to Modelling Student-Staff Interaction From Students' Perception of Engagement Practices ». In : *IEEE ACCESS* 12 (2024), p. 10315-10333.
 - [54] Andrés O. R. RODRÍGUEZ, Maddyzeth A. RIAÑO, Paulo A. G. GARCÍA et Carlos E. M. MARÍN. « Application of Learning Analytics for Sequential Patterns Detection Associated with Moments of Distraction in Students in E-Learning Platforms ». In : *Computer Applications in Engineering Education* 32.1 (jan. 2024), e22682.
 - [55] Yingbin ZHANG, Yafei YE, Luc PAQUETTE, Yibo WANG et Xiaoyong HU. « Investigating the Reliability of Aggregate Measurements of Learning Process Data : From Theory to Practice ». In : *Journal of Computer Assisted Learning* 40.3 (2024), p. 1295-1308.