



Une recension des écrits de 1970 à 2022 sur les rôles de l'enseignant et de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'IA en éducation

A Review of the Literature from 1970 to 2022 on the Roles of Teachers and Artificial Intelligence in the Field of AI in Education

Una revisión de los escritos de 1970 a 2022 sobre los papeles del profesor y la inteligencia artificial en el campo de la IA en educación

<https://doi.org/10.52358/mm.vi16.304>

Alexandre Lepage, doctorant en sciences de l'éducation
Université de Montréal, Canada
alexandre.lepage.2@umontreal.ca

Normand Roy, professeur
Université de Montréal, Canada
normand.roy@umontreal.ca

RÉSUMÉ

Cet article présente une recension des écrits sur la façon dont les rôles de l'enseignant et de l'intelligence artificielle (IA) sont abordés dans le domaine de l'intelligence artificielle en éducation (IAED) depuis 1970. Quarante-sept documents, théoriques pour la plupart, ont été analysés à partir des passages relatifs aux tâches confiées à une IA en lien avec les apprenants, les enseignants, les savoirs ou la classe (p. ex. le soutien à la motivation ou la rétroaction personnalisée). Les passages qui discutent du rôle de l'enseignant en lien avec ces différentes composantes ont aussi été analysés (p. ex. le pilotage des interactions en classe ou l'évaluation des apprenants). Les principaux résultats montrent que les développements dans le domaine de l'IAED couvrent un large spectre des attributions de



l'enseignant et que, même si inatteignable sur un horizon prévisible, l'ambition scientifique du domaine semble être d'automatiser de plus en plus de tâches de l'enseignant. Il en ressort que le rôle de l'enseignant est très peu discuté dans le domaine, et encore moins les interactions attendues entre enseignants et IA. La discussion propose de réemployer le tétraèdre des TIC en éducation de Faerber (2003), lui-même appuyé sur le triangle didactique de Houssaye (1988), pour conceptualiser le rôle de l'IA en éducation en interaction avec ceux de l'enseignant et de l'apprenant.

Mots-clés : intelligence artificielle, éducation, enseignant, intelligence artificielle en éducation, TIC

ABSTRACT

This article reviews the literature on the role of artificial intelligence (AI) and what teachers have envisioned in the field of artificial intelligence in education (AIED) since 1970. Forty-eight documents, most of them theoretical, were analyzed to identify what roles are given to AI in relation to learners, teachers, knowledge and the classroom as a whole (i.e. supporting motivation or providing personalized feedback). Quotes discussing teachers' role toward these components of learning situations were also analyzed (i.e. orchestrating interactions or evaluating learners). The results show considerable overlap between teachers' role and what AI is being developed to achieve in the field of AIED. Even if impossible in a predictable future, the ambition of research in the field seems to be to automate a growing number of teachers' tasks. In the meantime, the role of teachers appears to be a dead angle in the field of AIED. The discussion proposes to reuse Faerber's ICT pyramid (2003), based on Houssaye's didactic triangle (1988/2015), to better study the role of AI in education in relation to those of teachers and learners.

Keywords: artificial intelligence, education, teacher, artificial intelligence in education, ICT

RESUMEN

Este estudio presenta una revisión de la literatura sobre cómo se han abordado los papeles del docente y de la inteligencia artificial (IA) en el campo de la inteligencia artificial en educación (AIED) desde 1970. Se han analizado cuarenta y ocho artículos, en su mayoría teóricos, a partir de los pasajes relacionados con las tareas encomendadas a una IA en relación con los alumnos, los profesores, el conocimiento o la clase (por ejemplo, apoyo a la motivación o retroalimentación personalizada). También se han analizado los pasajes que discuten el papel del profesor en relación con estos diferentes componentes (por ejemplo, la gestión de las interacciones en el aula o la evaluación de los alumnos). Los principales resultados muestran que los desarrollos en el campo de la IAED cubren un amplio espectro de atribuciones docentes y que, aunque inalcanzable en un horizonte previsible, la ambición científica en el ámbito parece ser automatizar cada vez más las funciones docentes. Parece que el papel del docente es muy poco discutido en el campo, y menos todavía las interacciones esperadas entre los docentes y la IA. La discusión propone reutilizar el tetraedro de las TIC en la educación de Faerber (2003), basado en el triángulo didáctico de Houssaye (1988/2015), para conceptualizar el papel de la IA en educación en interacción con el del docente y el del alumno.

Palabras clave: inteligencia artificial, educación, docente, inteligencia artificial en educación, TIC



Introduction

L'intelligence artificielle en éducation (IAED) est un domaine de recherche dont les débuts se situent dans la décennie 1971-1980 (Self, 2016). Depuis, de nombreuses recherches ont été menées et ont conduit au développement d'une variété d'outils numériques parmi lesquels les systèmes tutoriels intelligents, les agents conversationnels ou bien, plus récemment, les tableaux de bord de la réussite éducative. Le domaine s'inscrit en continuité avec celui du *Computer-aided instruction* puis du *Intelligent Computer-aided instruction* (Robertson, 1976), dont l'objectif était de permettre l'apprentissage de connaissances à l'ordinateur avec des exercices fournissant des rétroactions automatiques. Selon Wenger (1986), contrairement à ces deux domaines, le domaine de l'IAED visait alors à développer des systèmes capables de prendre eux-mêmes des décisions pédagogiques plutôt que d'appliquer des décisions programmées par avance. En 1987, Romiszowski balisait le domaine de l'IAED disant que ses applications pouvaient servir soit l'enseignant ou l'élève, sur l'un ou l'autre de ces trois axes : en tant que tuteur (apprentissage assisté par ordinateur), en tant qu'outil (utilisation de systèmes experts) ou en tant qu'objet d'apprentissage (apprendre à programmer un système). Plus récemment, Lameris et Arnab (2021) ont réalisé une recension des écrits pour la période 2008-2020 et ont identifié que le domaine de l'IAED pouvait se décliner en cinq sous-domaines, soit 1) la préparation et la transmission de contenu, 2) l'aide aux étudiants dans l'application des connaissances, 3) l'engagement des étudiants dans les tâches, 4) l'évaluation et la rétroaction et 5) l'aide à l'autorégulation par les apprenants.

Les changements dans le domaine de l'IAED ont été nombreux depuis ses débuts, à commencer par la multiplication des sources de données disponibles pour personnaliser les apprentissages selon les individus (Bull et Kay, 2016). Cette personnalisation, objectif central des recherches dans le domaine (Dede *et al.*, 1985), s'appuie désormais sur une plus grande quantité de paramètres déterminés par des traces numériques de plus en plus complexes, et par des modèles prédictifs établis par des données massives provenant d'une multitude d'apprenants ou de cas d'utilisation. La frontière de plus en plus poreuse entre les espaces numériques et les espaces physiques (Dillenbourg, 2016) amène aussi à envisager le domaine de l'IAED comme de moins en moins hermétique, les usages de l'IA en éducation pouvant s'étudier via des situations d'enseignement-apprentissage complexes dans le contexte de la classe, en présence ou virtuelle, ou bien via d'autres disciplines comme l'évaluation ou le design pédagogique. De plus, les techniques employées pour le fonctionnement des systèmes d'IAED ont évolué. Romiszowski (1987) associait étroitement l'IAED aux systèmes experts, qu'il définissait ainsi : « An expert system should help a novice, or partly experienced, problem-solver to match acknowledged experts in the particular domain of problem solving that the system is designed to assist » (p. 96). Aujourd'hui, le domaine de l'IAED est marqué par le recours croissant à une IA dite connexionniste (voir Minsky, 1991), via l'apprentissage automatique, donnant lieu à de nouveaux usages comme la prédiction de la réussite scolaire ou le déploiement d'agents conversationnels hautement performants.

Le rôle de l'enseignant a été peu abordé dans le domaine de l'IAED (du Boulay, 2021), les recherches se concentrant principalement sur les interactions entre apprenants et savoirs par la médiation de systèmes tutoriels intelligents qui peuvent prendre la forme d'assistants pour la résolution de problèmes, de mentors, d'assistants de laboratoire ou de consultants experts (Sleeman et Brown, 1982). Pourtant, les enseignants sont centraux dans le processus d'intégration pédagogique du numérique et tout transfert des nouvelles technologies à l'intérieur de la classe passe d'abord par eux. De plus en plus de systèmes visent à soutenir les interactions entre enseignants et apprenants (Timms, 2016), ce qui appelle à définir le rôle de l'enseignant par rapport à l'utilisation de l'IA. Tout comme d'autres technologies numériques, l'intégration pédagogique de l'IA en éducation n'est possible que s'il y a d'abord adoption par les enseignants. Ensuite, c'est par l'intégration technopédagogique, aujourd'hui étudiée par des cadres spécifiques comme le modèle T-PACK (Koehler et Mishra, 2009), que l'enseignant déterminera ce qui est fait avant, pendant et



après l'utilisation d'une technologie numérique, avec ou sans IA. Il déterminera également les attentes vis-à-vis de l'apprenant à chacune de ces étapes, et pourra combiner plusieurs logiciels pour atteindre un objectif pédagogique de plus grande portée que ce qui a été pensé au moment de la conception de la technologie. Le déploiement de systèmes d'IAED dans le contexte de la classe passe donc nécessairement par les enseignants. Or, qu'attend-on d'eux vis-à-vis des systèmes d'IA? Quel est leur rôle? Ces logiciels empiètent-ils sur des tâches des enseignants? Sont-ils meilleurs ou pires que l'enseignant pour certaines tâches? Quelles nouvelles responsabilités incombent aux enseignants lors de l'utilisation de systèmes d'IA?

Cet article trouve sa pertinence principalement dans la peur, fondée ou non, selon laquelle l'IA pourrait remplacer l'enseignant. Selon Renz et Vladova (2021), cette peur du remplacement de l'enseignant a ralenti la progression de l'IA en éducation par rapport à d'autres domaines. Pour plusieurs, les enseignants sont nécessaires pour gérer des situations particulières non anticipables (Holmes *et al.*, 2021), prendre des décisions pédagogiques dans l'intérêt de l'élève et non du secteur *Edtech* (Saltman, 2020) ou tout simplement pour préserver les interactions humaines (Renz et Vladova, 2021). Pour ceux-là, le rôle de l'IA en éducation doit plutôt être de soutenir l'enseignant dans ses actions (p. ex. Bulger, 2016; Marrhich *et al.*, 2021). Mais la distinction entre remplacement de l'enseignant et soutien à l'enseignant n'est pas si claire dans le cas d'une technologie dont l'ambition est de reproduire une partie de l'intelligence humaine. Comme le soulignent Mubin *et al.* (2013), la division du travail entre les robots éducatifs et les enseignants doit être clarifiée en dépassant la dichotomie stérile portée par l'idée de remplacement. L'objectif de la recherche est d'analyser comment les rôles de l'enseignant et de l'IA ont été décrits dans le domaine de l'IAED de 1970 à 2022. L'atteinte de cet objectif permettra éventuellement d'identifier les zones d'interaction entre enseignants et IA, de même que les espaces vides à combler en matière de rôle auprès des apprenants.

Méthode

La méthode sélectionnée est celle de la recension systématique en s'appuyant sur les étapes suggérées par Rhoades (2011) : l'identification des critères d'inclusion et d'exclusion, le balayage des titres et résumés pour exclure les études non pertinentes, l'ajout de références jugées manquantes, l'analyse détaillée des études pertinentes, l'extraction des données, la synthèse et la conclusion. Une analyse inductive (Corbin et Strauss, 2015) a été réalisée en établissant une grille de codes, stabilisée après les 10 premiers documents, avec le logiciel MaxQDA. Le balayage des titres et résumés a été effectué par un des auteurs, de même que la codification des documents. La grille de codes a été ajustée et validée par les deux auteurs.

Bases de données consultées

Les bases de données suivantes ont été consultées le 1^{er} novembre 2022 : Web of Science (71 résultats), ACM Digital Library (6), Science Direct (8), Erudit (3), Academic Search Premier et Education Source (39), Taylor and Francis (4), ainsi que 11 ajouts manuels, car jugés manquants (p. ex. via les références des documents consultés ou suggérés lors de la révision par les pairs). La recherche n'a donné aucun résultat dans CAIRN et OpenEditions. La recherche brute a donné 142 résultats. Après retrait des doublons (n = 17), application des critères d'exclusion (tableau 1, n = 76), retrait des documents inaccessibles (n = 2), le corpus final comporte 47 documents (Figure 1). Les documents faisant partie du corpus sont marqués d'un astérisque dans la liste des références à la fin.



Critère d'inclusion et d'exclusion des textes

Comme la recension vise spécifiquement à identifier les publications se situant dans le domaine de l'IAED et traitant du rôle des enseignants, l'expression exacte « artificial intelligence in education » et le mot « teacher* » ont été identifiés comme principaux critères d'inclusion.

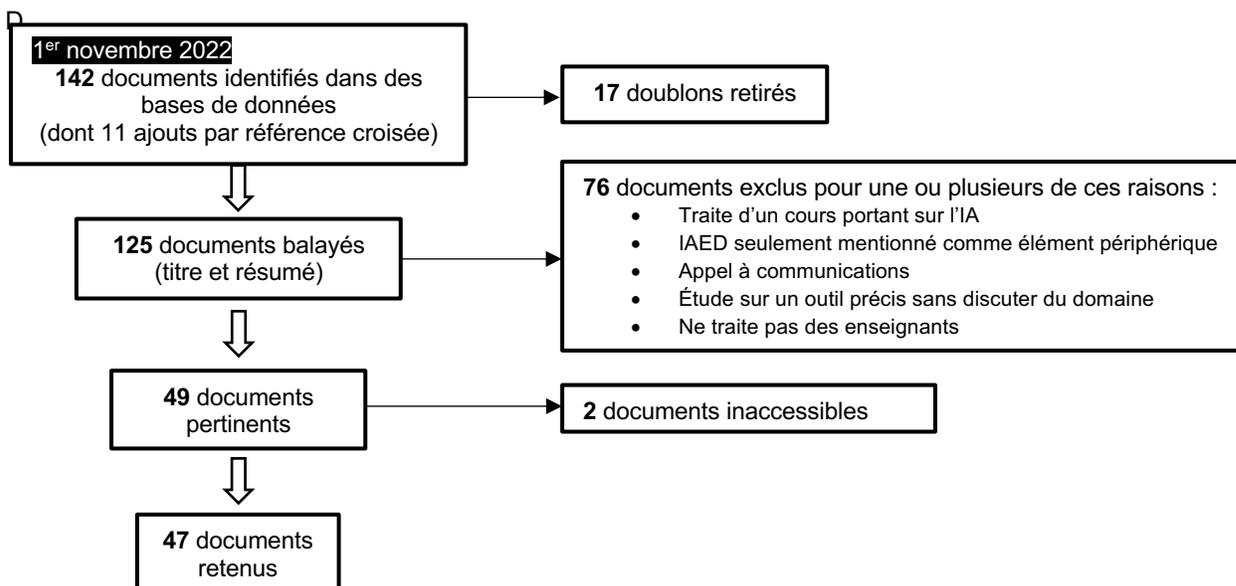
Tableau 1

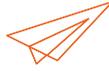
Critères d'inclusion et d'exclusion de la recension

Critère de recherche	Valeurs
Critères d'inclusion	
Année de publication	1970 ... 2022
Domaine de l'intelligence artificielle en éducation	Titre, résumé ou mots-clés contient : « artificial intelligence in education » OU « AIED » OU « intelligence artificielle en éducation »
Rôle de l'enseignant	Titre et résumé contiennent : teacher* OU enseignant*
Exclure les autres définitions de l'acronyme IAED (<i>autoimmune inner ear disease</i>)	Titre et résumé ne contiennent pas : « disease »
Critères d'exclusion (balayage des titres et résumés)	
Langue de l'article	N'est pas en anglais ou en français
Type d'article	Éditoriaux, politiques de collecte de données ou appels à communication
Sujet	Traite de médecine ou santé, traite d'un outil précis sans discuter du domaine de l'IAED
Enseignants	Ne traite pas du rôle de l'enseignant dans le domaine de l'IAED

Figure 1

Processus de sélection des documents du corpus





Résultats

Cette section vise à présenter les résultats en lien avec l'objectif de recherche, soit de présenter la manière par laquelle les rôles de l'IA et de l'enseignant sont abordés dans le domaine de l'IAED. Une première partie présente une description du corpus, ensuite les rôles de l'IA et de l'enseignant sont abordés tour à tour. Pour chacun, les résultats sont séparés en fonction des interactions (p. ex. rôle de l'IA ou de l'enseignant auprès des enseignants, des apprenants, des savoirs et de la classe). La dernière section présente les résultats spécifiques par rapport à l'idée explicite de remplacement de l'enseignant.

Description du corpus

Au total, 65 catégories de codage ont été constituées et sont présentées dans le tableau 2 avec le nombre de passages correspondants ainsi que le nombre de documents pour lesquels cette catégorie a été employée au moins une fois. Le rôle de l'IA en éducation est abordé au moins une fois dans 46 documents et le rôle de l'enseignant dans 29 documents. La majorité des documents sont des articles théoriques publiés dans des revues avec révision par les pairs ($n = 25$).

**Tableau****2**

Grille de codage avec le nombre de segments et le nombre de documents par code

Code	Seg	Doc	Code	Seg	Doc
Rôle de l'IA	519	46	Rôle de l'enseignant	132	29
Rôle auprès des enseignants	106	26	Rôle auprès de l'IA	47	18
Fournir de l'information aux enseignants sur les apprenants	45	22	Participer à l'élaboration des systèmes d'IA	22	10
Modéliser le travail des enseignants	23	6	Interpréter les informations données par l'IA	9	5
Aider à la prise de décisions	19	12	Saisir des données	8	7
Fournir aux enseignants de l'information sur leur pratique	15	4	Bonifier ou corriger les représentations de l'IA	5	3
Faciliter la collaboration ou la formation entre enseignants	4	3	Choisir des outils d'IA	3	3
Rôle auprès des apprenants	273	43	Rôle auprès des apprenants	36	17
Fournir de la rétroaction précise	56	27	Soutenir la motivation des apprenants	9	6
Modéliser l'apprenant	55	25	Se représenter et connaître les apprenants	8	7
Personnaliser les apprentissages	40	21	Poser des diagnostics d'apprentissage précis	6	4
Soutenir la métacognition	38	18	Fournir des rétroactions aux apprenants	4	3
Évaluer les apprenants	20	15	Évaluer les apprenants	3	3
Soutenir la motivation	16	11	Orienter vers de bonnes stratégies d'apprentissage	3	2
Détecter les émotions	15	10	Sélectionner des tâches individualisées	2	2
Construire une relation avec l'apprenant	12	3	Soutenir la métacognition des apprenants	1	1
Choisir des stratégies d'enseignement	9	7	Rôle en lien avec les savoirs	21	11
Orienter vers de bonnes stratégies d'apprentissage	7	6	Planifier l'enseignement	11	6
Détecter le plagiat	3	2	Créer des ressources éducatives numériques	4	3
Identifier les élèves à risques	2	2	Déterminer des stratégies d'enseignement élaborées	3	3
Rôle en lien avec les savoirs	105	31	Transmettre des connaissances	3	3
Modéliser un domaine de connaissances	49	19	Rôle auprès de la classe	28	14
Choisir des contenus et activités	20	14	Interpréter une situation éducative unique et inédite	8	3
Transmettre des connaissances	18	14	Entrer en relation avec le groupe	7	4
Produire ou enrichir des ressources éducatives numériques	15	7	Piloter des échanges ou du travail collaboratif	6	5
Proposer des exercices de type « Drill & practice »	3	3	Créer et maintenir un climat de classe sain	3	3
Rôle auprès de la classe	34	11	Réaliser des actions périphériques non orientées vers un but	3	2
Soutenir le travail collaboratif	17	8	Négocier avec les élèves	1	1
Gérer la classe et les comportements	8	1	Remplacement de l'enseignant	143	38
Alimenter la discussion entre enseignants et apprenants	7	4	Transformation du rôle de l'enseignant	47	24
Modéliser les espaces physiques d'apprentissage	2	2	Avantages de l'IA vis-à-vis l'enseignant	40	18
			Triangle enseignants-IA-apprenants	24	9
			Avantages de l'enseignant vis-à-vis de l'IA	22	13
			Différences entre un tuteur intelligent et un enseignant	10	7

Note. Le nombre de segments codés aux 1^{er} et 2^e niveaux est un sous-total. Les passages ont tous été codés au 3^e niveau. Le nombre de documents au 3^e niveau est le total de documents avec au moins un passage codé. Aux 1^{er} et 2^e niveaux, il s'agit du nombre de documents avec au moins un passage codé dans un ou plusieurs des codes de 3^e niveau.



Les figures 2 à 4 présentent la répartition des documents par type, par pays du premier auteur et par année. Les résultats sont présentés dans l'ordre d'importance du nombre de passages codés : rôle de l'IA (n = 539) et rôle de l'enseignant (n = 130).

Figure 2
Nombre de documents par pays du premier auteur

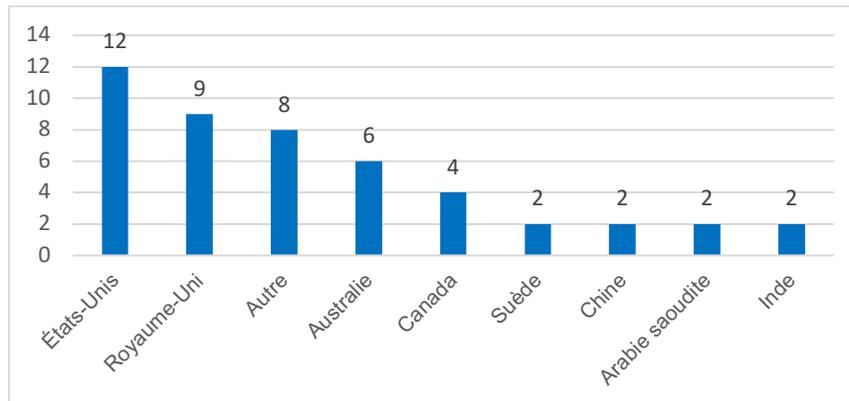


Figure 3
Nombre de documents par type de documents

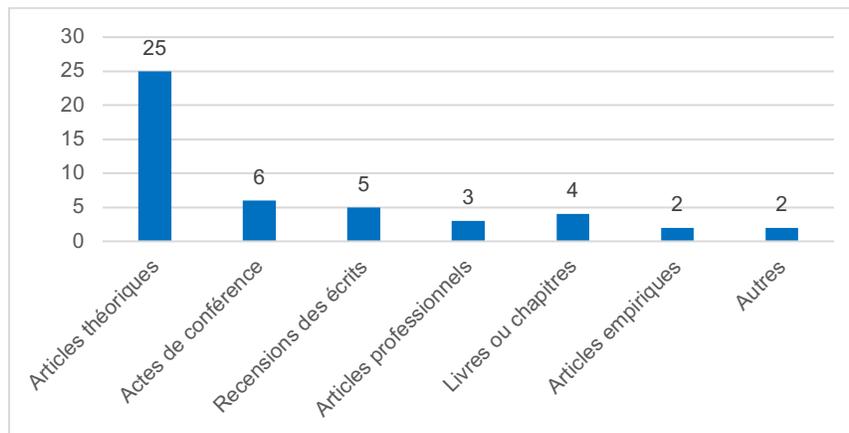
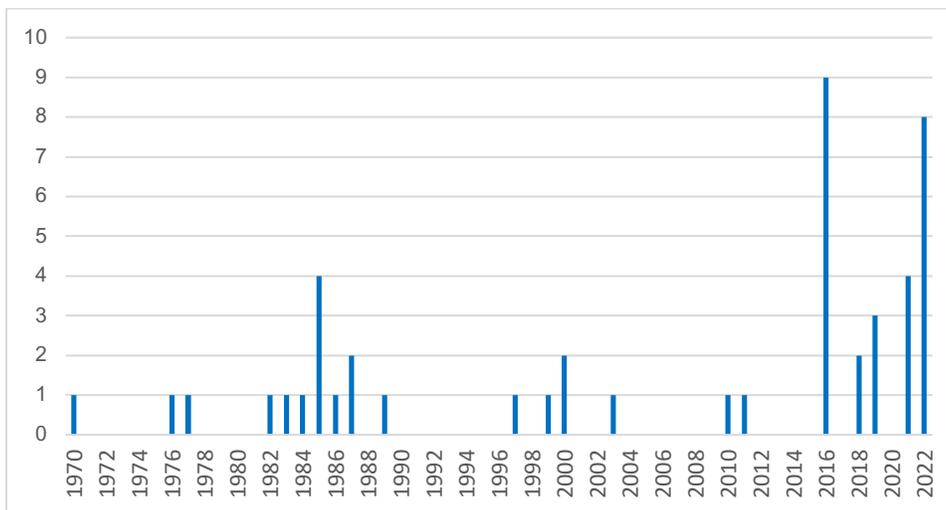




Figure 4
Nombre de documents par année de publication



Rôle de l'IA

RÔLE DE L'IA AUPRÈS DES ENSEIGNANTS

Les principaux résultats relatifs au rôle de l'IA concernent l'aide à la prise de décisions et la modélisation du travail des enseignants.

Premièrement, l'IA peut servir à aider les enseignants à prendre des décisions. Une dizaine de documents abordent l'aide à la prise de décisions, mais la plupart ne donnent pas davantage de détails sur les tâches qui peuvent être l'objet de cette aide. Il peut s'agir d'aide au design pédagogique ou à la sélection de ressources éducatives (Celik *et al.*, 2022), mais aussi d'aide au diagnostic des difficultés d'apprentissage (Colbourn, 1985) ou d'aide dans l'ensemble des tâches quotidiennes. À ce titre, Timms (2016) emploie le concept de « educational cobot » (p. 703) pour décrire un assistant intelligent qui augmenterait les capacités de l'enseignant. Pour alimenter la prise de décisions, les systèmes d'IA peuvent avoir pour fonction d'augmenter l'information disponible aux enseignants. Colbourn (1985) propose que les systèmes d'IA peuvent aider les enseignants à détecter des difficultés d'apprentissage. Plus récemment, plusieurs auteurs abordent l'idée que l'IA permet de colliger des données qu'il aurait été impossible d'obtenir autrement (paradigme du *Big data*, Cox et Brna, 2016). Dans le domaine de l'analytique de l'apprentissage, des tableaux de bord à destination des enseignants permettent de visualiser de l'information cumulée sur les traces d'apprentissages des apprenants individuellement ou en groupe (Lajoie, 2021). Les outils de prédiction de la réussite servent aussi à fournir de l'information supplémentaire aux enseignants pour les appuyer dans leur prise de décisions (Dillenbourg, 2016; Yuskovych-Zhukovska *et al.*, 2022). Selon Humble et Mozelius (2019), un système tutoriel intelligent « needs not to be intelligent but rather designed intelligently to amplify the human tutors already existing intelligence » (p. 5, en s'appuyant sur Baker, 2016).

Deuxièmement, l'IA est aussi employée pour modéliser le travail des enseignants dans le but de reproduire plus fidèlement leurs actions. À ce titre, des articles récents affichent une intention de dépasser la simple modélisation du rôle de tuteur que peut avoir un enseignant et de considérer aussi l'aspect relationnel



avec les apprenants. Par exemple, Celik *et al.* (2022) relatent des études où il a été tenté d'analyser la communication verbale des enseignants ou leurs mouvements à partir d'enregistrements vidéo afin de modéliser leur comportement en classe. Ces usages peuvent servir à mieux comprendre les gestes des enseignants afin de les faire reproduire par un tuteur intelligent, mais pour le moment ils servent surtout à aider les futurs enseignants à développer un recul réflexif sur leur pratique (Porayska-Pomsta, 2016). Dans cette idée de recul réflexif sur la pratique, du Boulay (2021) propose que des systèmes pourraient servir à aider les enseignants à constater les écarts entre leur planification de classe et le pilotage tel qu'il s'est vécu en classe.

RÔLE DE L'IA AUPRÈS DES APPRENANTS

Les principaux rôles de l'IA vis-à-vis des apprenants qui seront présentés sont, dans l'ordre, la modélisation de l'apprenant, la personnalisation des apprentissages, la rétroaction et la construction d'une relation avec l'apprenant.

Premièrement, les systèmes d'IAED sont composés d'un modèle de l'apprenant, d'un modèle du domaine de connaissances et d'un modèle d'enseignement (Crovello, 1985; Dede *et al.*, 1985). Le modèle de l'apprenant sert à stocker une représentation des connaissances de l'apprenant (Halff, 1986) et à la mettre à jour au fur et à mesure qu'il apprend avec le système. Le modèle de l'apprenant est alors juxtaposé au modèle de connaissances ou au modèle d'un expert, et permet d'inférer les connaissances manquantes ou erronées de l'apprenant (Brown, 1977; Burton et Brown, 1982). Si l'apprenant a bien intégré les connaissances, il devrait produire les mêmes réponses que le modèle de connaissances (Carbonell, 1970). Entre le début du domaine de l'IAED dans les années 1980 et aujourd'hui, les possibilités de modélisation de l'apprenant ont été décuplées notamment par le recours aux outils sur le Web qui permettent de connecter des données de plusieurs apprenants pour créer des modèles plus complexes (Bull et Kay, 2016). De plus, la multiplication des capteurs permettant de collecter des données amène à complexifier la modélisation des apprenants en y intégrant une plus grande variété (Dillenbourg, 2016). Les modèles des apprenants tendent désormais à intégrer de plus en plus de données sur l'engagement émotionnel des étudiants et non seulement sur l'état de leurs connaissances (du Boulay, 2021), et également des données longitudinales (Pinkwart, 2016). Ces modèles sont à la base de toute intervention qui vise à personnaliser les apprentissages (Kay *et al.*, 2022). Selon Lameris et Arnab (2021), le modèle de l'apprenant devrait comprendre six composantes : les connaissances par rapport au sujet appris, les motivations à apprendre et les attentes vis-à-vis de la situation d'apprentissage, l'expérience préalable des différentes modalités d'apprentissage, les préférences, les habiletés sociales et la confiance à utiliser un système d'apprentissage adaptatif.

Deuxièmement, en s'appuyant sur le modèle de l'apprenant, les systèmes d'IAED visent à personnaliser l'expérience d'apprentissage. Cette personnalisation peut s'opérer sur différents éléments, par exemple sur la navigation dans un logiciel en retirant ou en ajoutant des options (Brusilovsky et Peylo, 2003). Elle peut aussi s'opérer en adaptant les contenus aux intérêts d'une personne (du Boulay, 2021; Khandelwal, 2021) ou bien en ajustant le niveau de difficulté progressivement. Selon du Boulay et Luckin (2016), l'adaptation peut être macro lorsqu'elle vise un groupe de personnes, ou micro lorsqu'elle cible des individus.

Troisièmement, les systèmes d'IAED visent à donner des rétroactions rapides aux apprenants tels que mentionnés par de nombreux auteurs (p. ex. Dede *et al.*, 1985; Humble et Mozelius, 2019; Kann, 1983; Khan *et al.*, 2022; Stubbs et Pidcock, 1985), parfois en temps réel au moment de réaliser une procédure. Elles peuvent aussi être constituées d'indices personnalisés basés sur les erreurs commises par l'apprenant pour l'aider à ajuster ses actions (Brown, 1977). Ces rétroactions visent à réguler des



connaissances, à soutenir la motivation à apprendre (p. ex. Kim et Baylor, 2016; Walker et Ogan, 2016), à encourager la réflexion métacognitive en interrompant l'apprenant pour lui suggérer des réflexions (Dede *et al.*, 1985). Certains systèmes visent plutôt à ce que l'apprenant pilote lui-même les interactions avec le système en lui posant des questions (Jonassen, 2011). Burton et Brown (1982) distinguent le tuteur du « coach » (p. 79) disant que le tuteur agit plus formellement pour encadrer des apprentissages précis, alors que le *coach* sert plutôt à favoriser l'apprentissage dans un environnement informel où l'élève a plus d'initiative (p. ex. un jeu vidéo).

Finalement, plus récemment, des systèmes accordent de la valeur à la construction d'une relation avec l'apprenant. Walker et Ogan (2016) proposent de modéliser ces relations entre tuteur intelligent et apprenant :

We propose that AIED systems include designed relationships, or particular care taken to construct the socio-motivational relationship between the AIED system and the student. As we note above, a growing body of literature suggests that socially-designed interactions with educational technologies can produce similar outcomes as social interactions amongst teachers and students or peer collaborators. (p. 717)

De plus en plus de systèmes visent à détecter les émotions lors de la réalisation d'une tâche. Différentes expérimentations ont lieu, notamment pour évaluer le niveau d'attention global de la classe à partir d'analyse vidéo en temps réel (Raca *et al.*, 2014, cité dans Dillenbourg, 2016), pour la reconnaissance faciale ou bien le suivi oculaire (Timms, 2016), ou la classification des émotions (Lameras et Arnab, 2021).

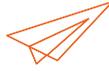
En résumé, le rôle de l'IA envers les apprenants dans le domaine de l'IAED a principalement été celui de tuteur intelligent pour la personnalisation des apprentissages et la rétroaction rapide lors de la résolution d'un problème. Le domaine consacre de plus en plus d'intérêt aux aspects relationnels et émotifs et tend à étendre la modélisation des apprenants au-delà des aspects cognitifs, ce qui est notamment rendu possible par la multiplication des sources de données.

RÔLE DE L'IA EN LIEN AVEC LES SAVOIRS

Les principaux rôles de l'IA en lien avec les savoirs sont la modélisation des connaissances et la transmission de connaissances qui passe généralement par la production de ressources didactiques.

Premièrement, la modélisation des connaissances est mentionnée dans 19 des 47 documents du corpus, soit un peu moins que la modélisation des apprenants (25 documents). La modélisation des connaissances peut se faire via la création de réseaux sémantiques (Half, 1986) permettant de relier des concepts entre eux, ou bien en extrapolant ou en inférant des relations à partir d'une base de connaissances (p. ex. Carbonell, 1970). C'est à partir de cette modélisation que les systèmes d'IAED peuvent prendre des décisions pédagogiques sans qu'elles aient été programmées explicitement (Wenger, 1986).

Deuxièmement, cette modélisation des connaissances faite ou supportée par l'IA permet ensuite la transmission des connaissances vers les apprenants. Plus précisément, le rôle de l'IA peut être de choisir les connaissances à transmettre (Brusilovsky et Peylo, 2003) ou de démontrer la façon d'appliquer une technique (Stubbs et Piddock, 1985). Plusieurs documents évoquent la transmission de connaissances indirectement, par exemple Ye *et al.* (2021) en référant à la machine à apprendre de Skinner, ou bien des systèmes capables de répondre à des questions de contenus posées par les apprenants (Jonassen, 2011; Stubbs et Piddock, 1985). Trois articles, tous des années 1980, réfèrent à une approche de type « Drill & practice » (Crovello, 1985; Kann, 1983; Stubbs et Piddock, 1985). Les systèmes d'IA peuvent aussi être



utilisés pour produire ou enrichir des ressources didactiques. Cela peut consister à produire du matériel pour répondre à des caractéristiques particulières d'un élève (du Boulay, 2021; Porayska-Pomsta, 2016), à traduire du matériel, à générer des sous-titres automatiquement (Khandelwal, 2021) ou bien à résumer du contenu (Malik *et al.*, 2019).

RÔLE DE L'IA AUPRÈS DE LA CLASSE

Plusieurs documents récents attribuent à l'IA un rôle en lien avec la gestion de la classe. Ces rôles sont de deux ordres, soit le soutien au travail collaboratif ou bien la modélisation des espaces d'apprentissage.

Premièrement, les systèmes d'IA peuvent servir à soutenir la collaboration entre apprenants en structurant les discussions de façon à maximiser leur potentiel (Lameris et Arnab, 2021) ou bien en calculant des indicateurs d'engagement dans un projet collaboratif. Par exemple, Lajoie (2021) rapporte l'utilisation d'un système de discussions en ligne dans lequel les contributions des apprenants sont analysées et mises en relation avec celles des autres apprenants. Dillenbourg (2016, en s'appuyant sur Bachour *et al.*, 2010) rapporte l'utilisation d'une table avec des voyants lumineux servant d'indicateurs de temps de parole utilisés par les personnes. L'IA peut aussi avoir pour fonction d'alimenter les interactions entre l'enseignant et les apprenants. Les *Open Learner Models* permettent aussi de remplir cette fonction étant donné qu'ils fournissent de l'information sur l'apprentissage et les apprenants (Kay *et al.*, 2022).

Deuxièmement, en lien avec la classe, l'IA pourrait avoir de plus en plus pour fonction de modéliser les espaces physiques d'apprentissage :

[...] while AIED initially aimed at modelling the contents and the learner, a challenge for the future of AIED is to model educational spaces, i.e. the physical space and the diverse actors who inhabit this space, in order to make education more effective. We conceptualised this evolution by defining a third circle of usability (Dillenbourg *et al.*, 2011), where the user is not an individual (first circle) or a team (second circle) but the entire classroom is viewed as a physical and sociological system. (Dillenbourg, 2016, p. 548)

Modéliser la classe revient à dépasser la personnalisation des apprentissages sur une base purement individuelle et à intégrer, comme le souligne Dillenbourg, des connaissances relatives au groupe et à son fonctionnement.

En résumé, le rôle de l'IA auprès de la classe est peu abordé dans le corpus. Néanmoins, il semble que le rôle de l'IA auprès de la classe se développe davantage dans le domaine de l'IAED aujourd'hui qu'à ses débuts (26 des 34 passages codés dans cette catégorie proviennent de documents publiés après 2010), ce qui est cohérent avec l'intérêt grandissant envers les aspects relationnels et affectifs présentés dans la section sur le rôle de l'IA envers les apprenants. Ce rôle peut toucher à la structuration des échanges ou à la modélisation des espaces d'apprentissage autant physiques que numériques (Dillenbourg, 2016).



Rôle de l'enseignant

RÔLE DE L'ENSEIGNANT AUPRÈS DE L'IA

Le rôle de l'enseignant auprès de l'IA est assez peu abordé dans le corpus (47 passages répartis dans 18 documents). Lorsqu'il l'est, c'est essentiellement à deux égards : soit à titre d'utilisateur passif des systèmes, soit à titre d'utilisateur actif invité à paramétrer un système ou à saisir des données.

À titre d'utilisateur passif des systèmes d'IAED, l'enseignant peut être amené en premier lieu à interpréter des informations fournies par l'IA : « teachers need to understand the results of intelligent analysis based on teaching situations and pedagogical theories, compare the gap between students' achievements, identify students learning needs, predict risks at academic failure, and even discovering new rules for AIED » (Liu et Li, 2022, p. 39). Ce rôle peut être plus ou moins rempli selon le niveau de littératie des données de l'enseignant (Howard *et al.*, 2022). À ce titre, même une utilisation passive peut impliquer que les enseignants aient à développer des connaissances pour intégrer l'utilisation de l'IA dans leur pratique d'enseignement (Liu et Li, 2022; Pinkwart, 2016).

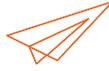
À titre d'utilisateur actif, l'enseignant peut être amené à contribuer à produire ces données. Bull et Kay (2016) affirment que le modèle de l'apprenant peut être soit contrôlé entièrement par le système, soit contrôlé conjointement par l'enseignant et le système. Ainsi, en plus d'interpréter des données, l'enseignant pourrait être lui-même amené à en saisir ou à en modifier pour complexifier ou corriger le modèle de l'apprenant (Bull et Kay, 2016), notamment des informations relatives aux comportements qui échapperaient aux traces numériques (Celik *et al.*, 2022). Selon Liu et Li (2022), les enseignants ont également une responsabilité éthique vis-à-vis de l'IA : « Teachers need to have the correct value judgment in deploying intelligent technology to promote students' learning and well-beings, understand the potential risks of AIED, and handle the ethical issues in a prudent and responsible manner » (p. 37).

RÔLE DE L'ENSEIGNANT AUPRÈS DES APPRENANTS

Dans le domaine de l'IAED, le rôle de l'enseignant auprès des apprenants est peu discuté et lorsqu'il l'est, c'est souvent pour illustrer l'écart entre ce que font les systèmes d'IAED et tout ce qu'il resterait à faire pour imiter, voire remplacer l'enseignant. Les principaux rôles de l'enseignant auprès des apprenants sont le soutien à la motivation, le diagnostic précis des embûches à la compréhension et la connaissance des apprenants.

Premièrement, l'enseignant est présenté comme un acteur essentiel pour soutenir la motivation des apprenants. Liu et Li (2022) évoquent que le travail émotionnel de l'enseignant est essentiel pour créer une atmosphère positive encourageant le plaisir d'apprendre et le dépassement de soi. Pour construire cette atmosphère, Timms (2016) évoque l'importance que l'enseignant démontre un intérêt réel et personnel envers les apprenants au-delà de la matière à apprendre.

Deuxièmement, plusieurs auteurs ont aussi évoqué le rôle de l'enseignant pour identifier des embûches à l'apprentissage dans des situations complexes ou avec de l'information fragmentaire, désordonnée et partielle (Les *et al.*, 1999), idée évoquée aussi par (Carbonell, 1970) : « Human teachers sometimes try to understand the nature of their students' confusions and problems, but at least as often, they go into explanatory and remedial sequences without a full understanding of the reasons for the students' errors » (p. 198-199). Du Boulay (2021) souligne l'importance de l'enseignant pour le soutien à la métacognition afin de consolider les apprentissages.



Finalement, pour accomplir ces rôles de soutien à la motivation et d'identification des embûches, les enseignants doivent connaître les apprenants et entretenir des représentations mentales à leur égard (Goodyear *et al.*, 1989). Cet aspect est nommé par plusieurs auteurs depuis les débuts du domaine, p. ex. Crovello (1985) évoquant que l'enseignant doit détenir des connaissances à propos de chaque apprenant en particulier. Cumming *et al.* (1997) évoquent des connaissances cognitives, affectives et sociales, certaines dynamiques qui changent selon les situations et d'autres qui s'inscrivent dans la durée (p. ex. des traits de personnalité des apprenants). Kay *et al.* (2022) parlent du « model of the learner in the mind of the teacher » et du « model of a set of learners » (p. 5).

En résumé, le rôle de l'enseignant auprès des apprenants est essentiellement de l'ordre relationnel, et c'est à partir de cette base que sont réalisées les tâches en lien avec le soutien aux apprentissages.

RÔLE DE L'ENSEIGNANT EN LIEN AVEC LES SAVOIRS

Le rôle de l'enseignant en lien avec les savoirs le plus abordé est la planification de l'enseignement. Ahmad *et al.* (2022) parlent du développement de curriculum ou de la création des plans de cours, Liu et Li (2022) considèrent même que « human teachers play irreplaceable roles in curriculum and creative professional practice compared with AI teachers » (p. 35). Les enseignants sont amenés à créer des ressources vidéo, à préparer des cours magistraux (Khandelwal, 2021) et à développer des ressources à l'aide d'outils d'IAED (Yuskovych-Zhukovska *et al.*, 2022). Les enseignants sont également responsables de la transmission de connaissances et du pilotage en temps réel d'activités d'apprentissage élaborées, aspect qui était jusqu'à récemment négligé dans le domaine de l'IAED selon Dillenbourg (2016) : « The role of teacher during runtime did not receive much attention for two decades, but this changed a lot over the last decade, with the growing interest for the orchestration of computer-enhanced learning activities » (p. 555).

RÔLE DE L'ENSEIGNANT EN LIEN AVEC LA CLASSE

Quelques passages relatifs aux apprenants décrivaient le travail de l'enseignant en lien avec un groupe plutôt qu'avec des individus. L'enseignant entre en relation avec un groupe en faisant appel à des compétences de communication qui ne sont pas nécessairement spécifiques à l'enseignement :

While there are some specialized tactics that human teachers apply effectively, good teaching derives from the conversational and social interactive skills used in everyday settings such as listening, eliciting, intriguing, motivating, cajoling, explaining, arguing, persuading, enthralling, leading, pleading and so on. (du Boulay et Luckin, 2016, p. 396)

Dans le même sens, Porayska-Pomsta (2016) évoque la nécessité d'une « agile adaptation » (p. 685) aussi décrite comme « teacher immediacy » par Walker et Ogan (2016, p. 716-717), laquelle comprend des gestes spontanés comme le sourire, le contact visuel, la gesticulation ou bien l'emploi de références communes.

Remplacement de l'enseignant

Étant donné que cette recension des écrits trouve sa pertinence dans les craintes, fondées ou non, à l'effet que l'IA pourrait remplacer l'enseignant, il nous est apparu utile de coder les passages du corpus qui discutaient précisément de cette idée.



Les mentions en lien avec l'idée de remplacement sont en général très courtes, par exemple Robertson (1976) qui affirme que « the idea is that such systems may make conventional teaching methods more effective, not that they should replace them » (p. 437). À l'inverse, Brusilovsky et Peylo (2003) affirment, en parlant du domaine de l'instruction assistée par ordinateur, que ces systèmes « were intended to replace all or part of traditional classroom instruction » (p. 163). Colbourn (1985, p. 521) affirme que dans certains cas le système se comporte comme un enseignant, mais que dans la plupart des cas, il agit comme un tuteur pour accompagner l'apprenant dans la découverte d'informations ou de lois pour lui-même. Dede *et al.* (1985) se prononcent plus directement en parlant du « potential for direct substitution of teacher activities » (p. 89) et en se demandant si l'avenir du domaine sera marqué par une intention d'automatisation ou d'accompagnement des activités de l'enseignant. Kann (1983) affirme que les programmes développés en IAED tentent de reproduire les caractéristiques des meilleurs enseignants, par exemple s'engager dans une communication bidirectionnelle avec l'apprenant et tenir compte de son intérêt pour poursuivre ou non certains apprentissages. Plus récemment, Edwards et Cheok (2018) parlent de l'IAED comme d'une solution pour pallier la pénurie de main-d'œuvre dans le domaine. Malgré de telles formulations qui affichent l'intention de remplacer l'enseignant dans certaines de ses activités, Dillenbourg (2016) affirme : « despite a few discording voices ("neo-Illich" gurus), educational technology researchers have never believed that their technology would suppress the need for teachers in formal education » (p. 555). Selon lui, toutefois, la place des enseignants a été peu étudiée dans les systèmes développés dans le domaine de l'IAED. Humble et Mozelius (2019) posent directement la question : l'objectif de l'IAED est-il de soutenir l'enseignant ou de le remplacer?

Plusieurs auteurs évoquent la transformation du rôle de l'enseignant, celui-ci étant amené à intervenir davantage sur le plan du pilotage des activités à haut niveau (du Boulay, 2021). Le temps passé auprès des élèves et son rôle pourraient aussi être amenés à changer (du Boulay, 2021). Ils peuvent aussi passer du temps à participer au codesign des systèmes d'IAED (Porayska-Pomsta, 2016). Selon Yuskovych-Zhukovska *et al.* (2022),

[...] AI is consistently and confidently changing the role of teachers. AI can perform tasks such as assessment, can help learners improve learning, and can even replace real learning. AI systems can be a source of expertise to which students can direct their questions, or even take the teachers' place for the basic materials of the course. However, in most cases, AI will only change the role of the teacher to the role of facilitator. (p. 350)

En résumé, l'idée de remplacement de l'enseignant ne semble jamais avoir été approfondie dans le domaine de l'IAED. Lorsqu'elle est discutée, c'est surtout de façon périphérique pour affirmer que cela n'est pas possible avec des contradictions sur le plan de la finalité poursuivie (remplacer l'enseignant ou non). Quelques auteurs développent tout de même l'idée de transformation du rôle de l'enseignant dans le contexte où l'IAED se développe de façon accélérée.

Discussion

Il ressort de l'analyse des résultats que les rôles attribués à l'IA dans le domaine de l'IAED sont des rôles qui relèvent normalement de l'enseignant. Ainsi, même si l'expression *remplacement de l'enseignant* apporte un lot de craintes et que cet objectif est, pour l'heure, inatteignable, il demeure qu'il semble s'agir d'une des ambitions scientifiques du domaine – ambition d'autant plus difficile à déceler que le contraire est parfois énoncé. Cela transparait dans les propos de plusieurs auteurs qui cherchent notamment à modéliser au mieux le rôle de l'enseignant, incluant son travail émotionnel et en lien avec la gestion des interactions sociales, pour mieux concevoir les systèmes d'IAED. Face à ce constat et face au manque de



développement des réflexions relatives à la transformation du rôle de l'enseignant dans le contexte où l'IAED est de plus en plus complexe et répandue, il nous apparaît essentiel que les systèmes éducatifs clarifient les interactions souhaitées entre les différents acteurs que sont l'IA, l'enseignant et l'apprenant. À défaut de quoi il y a un risque que de nouvelles actions nécessaires à la régulation des apprentissages ne soient posées ni par l'IA ni par l'enseignant, et que des actions informelles qui étaient jusqu'à présent posées par l'enseignant soient abandonnées par la délégation progressive à des systèmes d'IAED.

Quelques auteurs ont proposé d'employer un triangle enseignant-apprenant-IA pour conceptualiser les rôles et leurs interactions, à commencer par Cumming *et al.* (1997). Selon du Boulay (2021), l'étude des interactions entre ces trois composantes a conduit à prendre la réelle mesure de l'importance de l'enseignant dans l'environnement éducatif. Humble et Mozelius (2019), en s'appuyant sur plusieurs sources, évoquent un problème de valeurs qui peut potentiellement entraver le bon déploiement de l'IAED, par exemple lorsque les valeurs qui soutiennent le développement d'une IA forte sont désalignées de celles des personnes qui doivent l'utiliser et, à cet égard, évoquent l'importance de « human-compatible AI » (p. 2). Celik *et al.* (2022) ont proposé une boucle d'interactions entre enseignants et IA dans laquelle les enseignants établissent des critères d'évaluation, révisent les décisions de l'IA, documentent les problèmes techniques, alimentent les systèmes en données sur les apprenants, et l'IA réalise des évaluations, suit la progression des étudiants et alimente l'enseignant pour sa planification. Comme la recension a fait émergé des relations entre IA, enseignants, apprenants et savoirs, nous proposons aussi de conceptualiser ces interactions à partir du triangle didactique de Houssaye (1988), largement mobilisé dans le domaine de l'éducation.

Le triangle didactique a déjà été revisité plusieurs fois pour intégrer les TIC ou l'ordinateur, mais jamais à notre connaissance pour y intégrer spécifiquement l'IA. Faerber (2003) a été le premier, à notre connaissance, à proposer une actualisation du triangle didactique en intégrant un pôle technologique. Essentiellement, il part du constat que les relations identifiées par Houssaye (1988) sont modifiées lorsque l'enseignement-apprentissage s'opère par le biais d'un environnement virtuel : « l'environnement virtuel d'apprentissage est un intermédiaire à la fois fonctionnel, matériel, logiciel entre les pôles » (p. 202). Selon Yassine (2010), le rôle de l'ordinateur dans le triangle didactique dépend de l'usage qui en est fait. Il peut agir comme « ordinateur enseigné », dans ce cas c'est l'élève qui programme l'ordinateur, comme cela était déjà le cas dans le cadre des études de Papert avec l'environnement d'apprentissage LOGO. Il peut aussi être « tuteur », c'est-à-dire qu'il amène les apprenants « à suivre un nombre d'étapes où essais et erreurs se succèdent pour [les] aider à reconnaître leurs lacunes et acquérir des savoirs sans l'intervention de l'enseignant » (par. 4.1.2). Et il peut aussi être « outil », c'est-à-dire instrumentalisé par l'enseignant comme appui à certains apprentissages, par exemple pour présenter de l'information. Selon ces différentes façons d'envisager l'ordinateur, son rôle est plus ou moins actif dans le triangle didactique. Nous proposons que l'IA, telle qu'elle est conceptualisée aujourd'hui, et en continuité avec la recherche dans le domaine de l'IAED, vise à occuper un rôle de plus en plus actif à l'intérieur même du triangle didactique. D'ailleurs, nous avons observé un glissement progressif entre les écrits du début du domaine et ceux d'aujourd'hui, les premiers parlant davantage de systèmes d'IA ou de logiciels utilisant l'IA, alors que les derniers parlent de façon plus générale de « l'intelligence artificielle », donnant presque l'impression d'une personnification. L'IA est de moins en moins envisagée comme passive et instrumentale étant donné la complexité des décisions qu'elle peut prendre. Ceci, d'ailleurs, fait écho à une distinction de Wenger (1986) entre le *Computer-aided instruction* (CAI) et l'IAED : les systèmes développés dans le domaine de l'IAED peuvent prendre des décisions pédagogiques sans avoir été spécifiquement programmés pour cela, contrairement à ceux développés dans le domaine du CAI.



Le triangle didactique a aussi été revisité par Lombard (2007) pour développer le tétraèdre des TIC. Selon Lombard, « le maître en classe est très souvent ignoré ou son rôle minimisé » (par. 30). Selon lui, plusieurs technologies éducatives, comme des jeux éducatifs, sont souvent conçus sans égard au rôle de l'enseignant et plutôt dans la perspective de faire à sa place quelque chose qui lui revient normalement. Dans ce cas, les usages sont de l'ordre de « l'alternance [entre le professeur] et le dispositif cyber-prof » (par. 37) et ne relèvent pas de l'intégration pédagogique. Même s'il n'est pas question spécifiquement d'outils d'IAED, la même réflexion peut se poser pour ces derniers : est-ce qu'il devrait simplement y avoir alternance entre l'enseignement dispensé par l'enseignant et celui dispensé par l'IA, ou bien devrait-il y avoir intégration pédagogique de l'IA par l'enseignant? Une absence de réflexion sur les interactions souhaitées entre un dispositif technologique et l'enseignant peut conduire à « des conflits sournois » (par. 45), par exemple la diminution de la qualité de la relation pédagogique, voire son abandon par l'introduction d'un intermédiaire. Sur la collaboration enseignants-dispositif, Lombard affirme que « les – plutôt rares – usages des technologies où une collaboration efficace s'établit entre les 2 pôles pédagogiques que nous avons pu observer, semblent majoritairement des usages où le [dispositif] joue un rôle très peu intrusif sur le plan de la relation pédagogique » (p. 23).

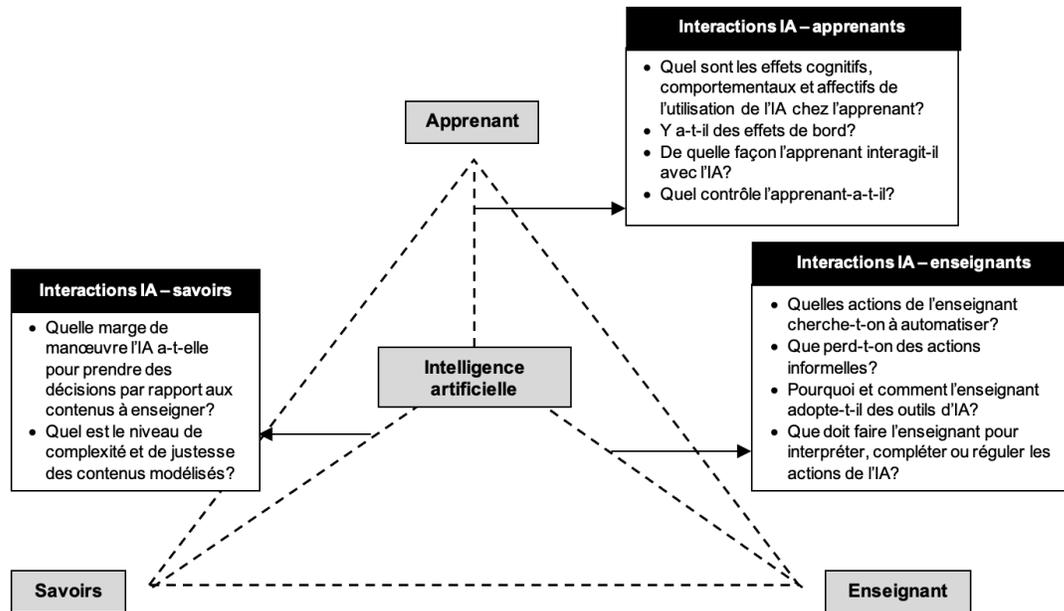
Nous proposons donc de réemployer le tétraèdre des TIC en éducation de Faerber (2003) et rediscuté par Lombard (2007) pour interroger la nouvelle réalité qui se pose par la permutation grandissante de l'IA dans la situation éducative. À la différence de Lombard (2007), nous proposons que le tétraèdre ne devrait pas, ou plus, s'emmêler à étudier de la même façon les usages de l'ordinateur où celui-ci est instrumentalisé par l'enseignant ou l'apprenant, et ceux où une IA transforme activement la situation d'apprentissage. À tout le moins, de tels usages seraient mieux étudiés sur les arêtes du tétraèdre pour la médiation qu'ils opèrent sur les acteurs ou entre eux, mais ne devraient pas occuper un sommet à part entière. D'ailleurs, Faerber (2003) disait explicitement « [ne pas avoir conféré à l'environnement virtuel] un statut de pôle au même titre que l'apprenant ou le savoir » (p. 202). Intégrer explicitement l'IA sur le sommet du tétraèdre dévolu à ce que Lombard appelle le « Dispositif Cyber-prof » permet de poser de nouvelles questions de recherche qui n'ont traditionnellement pas fait partie du domaine de l'IAED. Ces questions, qui touchent directement à l'idée d'interaction entre enseignants et IA, et à l'idée confrontante de remplacer les enseignants par une machine, doivent être posées et étudiées pour que des réponses satisfaisantes orientent les efforts des enseignants et plus généralement des systèmes éducatifs. L'enseignant ne devrait pas continuer à faire ce qu'une IA fait mieux, et l'IA ne devrait pas être utilisée pour faire ce qu'on ne comprend pas encore du rôle de l'enseignant.

La Figure 5 présente des questions qui, selon nous, devraient alimenter la conception des systèmes d'IAED de même que la recherche dans le domaine. Un tel positionnement invite aussi à ne plus envisager les systèmes d'IAED comme des outils d'aide à l'enseignement et l'apprentissage, mais comme des acteurs à part entière dans le processus, changement qui est selon nous essentiel au regard des avancées dans le domaine et pour préparer celles à venir.



Figure 5

Proposition de cadre de réflexion sur les interactions IA-enseignant-apprenant basée sur le tétraèdre des TIC en éducation de Faerber (2003)



Limites

Malgré nos efforts pour inclure un maximum de documents en cherchant dans plusieurs bases de données et en intégrant des références croisées, il est possible que certains documents pertinents, notamment les ceux non indexés dans des bases de données numériques, n'aient pas été trouvés. La codification des documents a été réalisée par un seul des auteurs, mais la grille a été ajustée par les chercheurs lors de rencontres de travail pendant le processus d'analyse. Soulignons finalement que, comme les articles sont principalement théoriques, les rôles de l'IA et de l'enseignant sont d'abord des rôles anticipés plus que des rôles constatés.

Conclusion

Cette recension des écrits s'est appuyée sur un corpus de 48 documents évoquant le rôle de l'enseignant dans le domaine de l'IAED. Par une analyse inductive, elle a permis de faire émerger les relations entre enseignant, apprenant, IA et savoirs telles qu'elles sont véhiculées dans le domaine. Il en ressort principalement que le rôle de l'enseignant et celui de l'apprenant sont peu abordés dans le domaine en comparaison avec celui de l'IA. Malgré des affirmations répétées selon lesquelles l'IA ne vise pas à remplacer l'enseignant, les actions qui lui sont déléguées tendent à montrer que les objectifs sont d'automatiser des tâches qui reviennent normalement à l'enseignant (p. ex. évaluer les apprenants, soutenir la motivation, fournir de la rétroaction précise), même si cette ambition n'est pas atteignable dans un horizon prévisible. Vu les avancées dans le domaine de l'IA et la complexité grandissante des tâches pouvant être automatisées, il semble essentiel de mieux conceptualiser les rôles afin de s'assurer que des



tâches essentielles des enseignants qui sont modélisées de façon incomplète ne soient pas abandonnées à l'IA (p. ex. les actions informelles qui revêtent tout de même une importance). De même, vu les avancées dans le domaine de la détection des émotions, voire du *monitoring* des activités en classe, il apparaît essentiel d'étudier davantage les effets du remplacement de l'enseignant par une IA non seulement sur les aspects cognitifs, mais aussi comportementaux et affectifs. Nous avons proposé, à partir d'une adaptation du triangle didactique de Houssaye (1988) et du tétraèdre des TIC de Faerber (2003), des questions pouvant guider la recherche et la conception dans le domaine de l'IAED en tenant compte des rôles de l'apprenant, de l'enseignant et de l'IA.

Remerciements

Merci à Didier Paquelin, professeur à l'Université Laval, pour son regard sur le triangle didactique.

Cette recherche a été financée par une bourse doctorale du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

Liste des références¹

- *Ahmad, S. F., Alam, M. M., Rahmat, M. K., Mubarik, M. S., et Hyder, S. I. (2022). Academic and Administrative Role of Artificial Intelligence in Education. *Sustainability*, 14(3), 1101. <https://doi.org/10.3390/su14031101>
- Baker, R. S. (2016). Stupid tutoring systems, intelligent humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 600-614.
- *Brown, J. S. (1977). Uses of artificial intelligence and advanced computer technology in education. Dans J. Seidel et L. Rubin (dir.), *Computers and Communications: Implications for Education*. Academic Press.
- *Brusilovsky, P., et Peylo, C. (2003). Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, 156-159.
- Bulger, M. (2016). Personalized Learning: The Conversations We're Not Having. *Data & Society*, 29.
- *Bull, S., et Kay, J. (2016). SMILI☺: A Framework for Interfaces to Learning Data in Open Learner Models, Learning Analytics and Related Fields. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 293-331. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0090-8>
- Burton, R. R., et Brown, J. S. (1982). An investigation of computer coaching for informal learning activities. Dans D. Sleeman et J. S. Brown, *Intelligent tutoring systems* (p. 79-98). Academic Press.
- *Carbonell, J. (1970). AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction. *IEEE Transactions on Man Machine Systems*, 11(4), 190-202. <https://doi.org/10.1109/TMMS.1970.299942>
- *Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., et Järvelä, S. (2022). The Promises and Challenges of Artificial Intelligence for Teachers: A Systematic Review of Research. *TechTrends*, 66(4), 616-630. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>
- *Colbourn, M. J. (1985). Applications of artificial intelligence within education. *Computers & Mathematics with Applications*, 11(5), 517-526. [https://doi.org/10.1016/0898-1221\(85\)90054-9](https://doi.org/10.1016/0898-1221(85)90054-9)
- Corbin, J. M., et Strauss, A. L. (2015). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (4^e éd.). SAGE.

¹ Les documents faisant partie du corpus sont marqués d'un astérisque.



- *Cox, R., et Brna, P. (2016). Twenty Years on: Reflections on “Supporting the Use of External Representations in Problem Solving” *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 193-204. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0054-z>
- *Crovello, T. J. (1985). Computers, education and artificial intelligence. *ACM '85: Proceedings of the 1985 ACM annual conference on The range of computing: mid-80's perspective: mid-80's perspective*.
- *Cumming, G., Cropp, S., et McDougall, A. (1997). Learner Modelling: Lessons from Expert Human Teachers. Dans B. du Boulay et R. Mizoguchi (dir.), *Proceedings of the 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education—Knowledge and Media in Learning Systems (AI-ED 97)* (p. 577-579). IOS Press.
- *Dede, C. J., Zoghiates, P. P., et Thompson, C. L. (1985). *Intelligent Computer-Assisted Instruction: A Review and Assessment of ICAI Research and Its Potential for Education*. Educational Technology Center.
- *Dillenbourg, P. (2016). The Evolution of Research on Digital Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 544-560. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0106-z>
- *du Boulay, B. (2021). Jim Greer's and Mary Mark's Reviews of Evaluation Methods for Adaptive Systems: A Brief Comment about New Goals. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 31(3), 622-635. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00198-z>
- *du Boulay, B., et Luckin, R. (2016). Modelling Human Teaching Tactics and Strategies for Tutoring Systems: 14 Years On. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 393-404. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0053-0>
- *Edwards, B. I., et Cheok, A. D. (2018). Why Not Robot Teachers: Artificial Intelligence for Addressing Teacher Shortage. *Applied Artificial Intelligence*, 32(4), 345-360. <https://doi.org/10.1080/08839514.2018.1464286>
- Faerber, R. (2003). Groupements, processus pédagogiques et quelques contraintes liés à un environnement virtuel d'apprentissage. *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, 200-210.
- *Goodyear, P., Oosthoek, H., et Vroeijenstijn, T. (1989). Experts systems and intelligent tutoring—Some issues in the engineering of pedagogic knowledge. Dans *Higher Education and New Technologies* (p. 45-51). Pergamon.
- *Halff, H. M. (1986). Instructional Applications of Artificial Intelligence. *Educational Leadership: Journal of the Department of Supervision and Curriculum Development*, 24-31.
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., et Koedinger, K. R. (2021). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Houssaye, J. (1988). *Le triangle pédagogique*. Peter Lang.
- *Howard, S. K., Swist, T., Gasevic, D., Bartimote, K., Knight, S., Gulson, K., Apps, T., Peloché, J., Hutchinson, N., et Selwyn, N. (2022). Educational data journeys: Where are we going, what are we taking and making for AI? *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100073>
- *Humble, N., et Mozelius, P. (2019). Artificial Intelligence in Education—A Promise, a Threat, or a Hype? *Proceedings of the European Conference on the Impact of Artificial Intelligence and Robotics*, 149-156, Oxford, Royaume-Uni.
- *Humble, N., et Mozelius, P. (2019). Teacher-supported AI or AI-supported teachers? *Proceedings of the European Conference on the Impact of Artificial Intelligence and Robotics*, Oxford, Royaume-Uni.
- *Jonassen, D. H. (2011). Ask Systems: Interrogative access to multiple ways of thinking. *Educational Technology Research and Development*, 59(1), 159-175. <https://doi.org/10.1007/s11423-010-9179-9>
- *Kann, L. (1983). Artificial intelligence and its implications for education. *Canadian journal of educational communication*, 12(3).
- *Kay, J., Bartimote, K., Kitto, K., Kummerfeld, B., Liu, D., et Reimann, P. (2022). Enhancing learning by Open Learner Model (OLM) driven data design. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100069. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100069>
- *Khan, M. A., Khojah, M., et Vivek. (2022). Artificial Intelligence and Big Data: The Advent of New Pedagogy in the Adaptive E-Learning System in the Higher Educational Institutions of Saudi Arabia. *Education Research International*, 2022, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/1263555>
- *Khandelwal, K. (2021). Application of AI to Education during the Global Crisis. *Review of international geographical education*, 7, 3204-3212. <https://rigeo.org/menu-script/index.php/rigeo/article/view/2583>



- *Kim, Y., et Baylor, A. L. (2016). Research-Based Design of Pedagogical Agent Roles: A Review, Progress, and Recommendations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 160-169. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0055-y>
- Koehler, M. J., et Mishra, P. (2009). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 11.
- *Lajoie, S. P. (2021). Student Modeling for Individuals and Groups: The BioWorld and HOWARD Platforms. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 31(3), 460-475. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00219-x>
- *Lamerias, P., et Arnab, S. (2021). Power to the Teachers: An Exploratory Review on Artificial Intelligence in Education. *Information*, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/info13010014>
- *Lelouche, R. (2000). The various benefits of education from computers: An integrative review. *Proceedings International Workshop on Advanced Learning Technologies. IWALT 2000. Advanced Learning Technology: Design and Development Issues*, 7-7. <https://doi.org/10.1109/IWALT.2000.890550>
- *Les, J., Cumming, G., et Finch, S. (1999). Agent systems for diversity in human learning. Dans S. P. Lajoie et M. Vivet (dir.), *Artificial intelligence in education—Open Learning Environments: New Computational Technologies to Support Learning, Exploration and Collaboration* (p. 13-20).
- *Liu, X., et Li, Y. (2022). Redefining Teacher Qualification in the Artificial Intelligence Era: A Professional Capital Perspective. *Proceedings of the 5th International Conference on Big Data and Education*, 35-39. <https://doi.org/10.1145/3524383.3524405>
- Lombard, F. (2007). Du triangle de Houssaye au tétraèdre des TIC : comprendre les interactions entre les savoirs d'expérience et ceux de recherche. Dans B. Charlier et D. Peraya (dir.), *Transformation des regards sur la recherche en technologie de l'éducation* (p. 137-154). De Boeck Supérieur; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/dbu.charl.2007.01.0137>
- *Malik, G., Tayal, D. K., et Vij, S. (2019). An Analysis of the Role of Artificial Intelligence in Education and Teaching. Dans P. K. Sa, S. Bakshi, I. K. Hatzilygeroudis, et M. N. Sahoo (dir.), *Recent Findings in Intelligent Computing Techniques* (Vol. 707, p. 407-417). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8639-7_42
- Marrhich, A., Lafram, I., Berbiche, N., et El Alami, J. (2021). Teachers' Roles in Online Environments: How AI Based Techniques Can Ease the Shift Challenges from Face-to-Face to Distance Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 16(24), 244-254. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i24.26367>
- *McLaren, B. M., et Scheuer, O. (2010). Supporting Collaborative Learning and E-Discussions Using Artificial Intelligence Techniques. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 20(1). <https://doi.org/10.3233%2FJAI-2010-0001>
- Minsky, M. (1991). Logical Versus Analogical or Symbolic Versus Connectionist or Neat Versus Scruffy. *AI Magazine*, 12(2), 34-51.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Mahmud, A. A., et Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1(2013), 1-7. <https://doi.org/10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015>
- *Naughton, J. (1987). Artificial intelligence and education and training. Dans *Artificial Intelligence* (p. 77-82). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-034112-5.50012-7>
- *Pervez, S., et Alandjani, G. (2018). 21st Century Educational Requirements and Teaching Strategies for Competing with the Cyborgs. *International E-Journal of Advances in Social Sciences*, 4(11), 10.
- *Pinkwart, N. (2016). Another 25 Years of AIED? Challenges and Opportunities for Intelligent Educational Technologies of the Future. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 771-783. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0099-7>
- *Porayska-Pomsta, K. (2016). AI as a Methodology for Supporting Educational Praxis and Teacher Metacognition. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 679-700. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0101-4>
- Renz, A., et Vladova, G. (2021). Reinvigorating the Discourse on Human-Centered Artificial Intelligence in Educational Technologies. *Technology Innovation Management Review*, 11(5), 5-16. <https://doi.org/10.22215/timreview/1438>
- *Richer, M. H. (1985). Applications of artificial intelligence in education—A personal view. *The Physiologist*, 28(5), 428-431.