

AGENTIVITÉ ET IAg EN FORMATION INITIALE ET CONTINUE DE PERSONNES ENSEIGNANTES AU QUÉBEC

Mélanie Tremblay

Professeure

Université du Québec à Rimouski

melanie_tremblay@uqar.ca

Sophie Nadeau-Tremblay

Professeure invitée et coordonnatrice pédagogique (École en réseau)

Université du Québec à Chicoutimi

sntrembl@uqac.ca

Résumé

Inscrit dans le prolongement des *Entretiens Jacques-Cartier* 2024-2025 consacrés au thème « IA générative et formations universitaires : innovation, régulation et agentivité », cet article examine des usages émergents des intelligences artificielles génératives (IAg) dans la formation initiale et continue des personnes enseignantes. À partir d'un cadre conceptuel centré sur l'agentivité individuelle et collective, il interroge les conditions dans lesquelles les IAg peuvent soutenir le développement professionnel et les apprentissages, au-delà d'une approche strictement technocentrée.

L'analyse repose sur deux études de cas. Le premier, en formation initiale à l'enseignement, analyse l'intégration volontaire des IAg dans un cours de didactique de l'algèbre et met en évidence un déplacement des usages centrés sur la compréhension, la validation collective et le développement d'un regard didactique sur les productions générées et les usages de ces outils. Le second, en formation continue au primaire, porte sur l'usage d'un robot conversationnel intégré à un dispositif de coélaboration de connaissances et met en lumière les conditions pédagogiques et institutionnelles favorisant l'agentivité des élèves et des personnes enseignantes. Les résultats montrent que l'enjeu central réside moins dans la maîtrise technique des outils que dans l'articulation réfléchie entre innovation, régulation et agentivité.

Mots-clés : Intelligence artificielle générative (IAg), Agentivité, Coélaboration de connaissances, Développement professionnel, Formation des enseignants

Abstract

Building on the 2024-2025 *Entretiens Jacques-Cartier* devoted to the theme “*Generative AI and University Education: Innovation, Regulation, and Agency*”, this article examines emerging uses of generative artificial intelligence (GenAI) in initial and in-service teacher education. Drawing on a conceptual framework centred on individual and collective agency, it explores the conditions under which GenAI can support professional development and learning beyond strictly technocentric approaches.

The analysis is based on two case studies. The first, situated in initial teacher education, examines the voluntary integration of GenAI in an algebra didactics course, highlighting a shift toward uses centred on understanding, collective validation, and developing a didactic perspective on generated outputs and the use of these tools. The second, conducted in primary in-service teacher education, focuses on the use of a conversational agent embedded in a knowledge-building environment and identifies pedagogical and institutional conditions that foster agency among students and teachers. The findings suggest that the central challenge lies less in technical mastery of GenAI tools than in thoughtfully articulating innovation, regulation, and agency.

Keywords: Generative Artificial Intelligence (GenAI), Agency, Knowledge Building, Professional Development, Teacher Education

Note d'autrice

Auteur Identifiant ORCID <https://orcid.org/0009-0009-9611-7978>

Toute correspondance concernant cet article doit être adressée à Mélanie Tremblay (melanie_tremblay@uqar.ca), *Université du Québec à Rimouski*

De part et d'autre de l'Atlantique, l'intelligence artificielle générative [IAg] accroît en usage dans le monde de l'éducation, suscitant à la fois des espoirs, des craintes et de nombreuses interrogations au regard des tensions et transformations qu'elle génère dans les activités d'enseignement, d'apprentissage et d'évaluation (Giroux et al., 2024 ; MES, 2025). Au-delà des débats médiatiques, des travaux (Adeleye et al., 2024), portant un regard critique sur une approche techno-centrée en éducation, mettent en garde contre une intégration de l'IAg qui réduirait l'acte d'apprendre à une simple optimisation de tâches, au détriment du rôle actif des enseignant·es et des apprenant·es dans la construction de savoirs.

Dans cette perspective, l'introduction de l'IAg dans les environnements éducatifs ne peut être pensée uniquement en termes d'efficacité ou de performance. Elle invite également à interroger les conditions dans lesquelles ces technologies peuvent soutenir – ou au contraire contraindre – le développement professionnel des personnes enseignantes et, plus globalement, l'agentivité des acteurs éducatifs, entendue comme leur capacité à orienter leur activité, à exercer un jugement professionnel et à agir dans les situations où ils sont engagés.

L'intégration de ces outils soulève ainsi plusieurs questions relatives aux transformations possibles des dynamiques d'apprentissage et de développement professionnel. Les outils d'IAg constituent-ils principalement des affordances facilitant l'accès à l'information et l'automatisation de certaines tâches, ou peuvent-ils également soutenir des formes plus actives de participation à la construction des savoirs, à la réflexivité professionnelle et au développement du pouvoir d'agir des acteurs ?

Dans ce contexte, les Entretiens Jacques Cartier de 2024 et de 2025 ont constitué un lieu privilégié d'échanges et de partage qui a rassemblé des personnes chercheuses et praticiennes autour de la thématique : *IA générative et formations universitaires : innovation, régulation et agentivité*. En prolongement de l'événement¹, deux participantes ont souhaité approfondir la réflexion en examinant plus précisément certaines situations d'usage d'outils d'IAg dans des dispositifs de formation. En ce sens, cet essai contribue à la réflexion au regard des questions thématiques suivantes :

- La place de l'IA dans les processus d'apprentissage individuel et collaboratif : affordances d'accès à l'information ou de participation active à la construction des savoirs ?
- L'évolution des dynamiques d'interaction et d'agentivité : témoignages sur les usages de robots conversationnels, en lien avec l'engagement des apprenant·es, leur autonomie et leur capacité à penser de manière critique ?

Selon cette perspective, l'enjeu ne se limite pas à l'usage de nouveaux outils, mais concerne plus largement la manière dont les environnements de formation se reconfigurent sous l'effet de ces technologies et les conditions dans lesquelles les acteurs peuvent maintenir – ou redéfinir – leur pouvoir d'agir au sein de ces environnements.

¹ L'un des panels de l'événement 2025 des EJC s'est penché sur des études de cas en explorant des pratiques en développement dans la formation initiale et continue de personnes enseignantes. Cinq personnes y ont partagé des pratiques et usages de l'IAg. Pour nourrir la discussion du panel, chaque participante a présenté une image évocatrice pour chacun des trois thèmes : Usages à l'université ; Production de tâches scolaires ; Évaluation et rétroaction. Ces images pouvaient être réelles (photos, captures d'écran, extraits de tâches scolaires) ou métaphoriques (illustrations, schémas). Les images étaient tour à tour affichées lors de l'intervention où la personne participante explicitait son idée. Tremblay et Nadeau-Tremblay. DOI: 10.51657/cw2cvw04 54

Ce texte s’amorce en situant le concept d’agentivité en contexte professionnel. Puis, l’analyse prend appui sur deux cas, l’un en formation initiale à l’enseignement et l’autre dans la formation continue de personnes enseignantes au primaire.

Cadre conceptuel

Cette section présente les repères conceptuels mobilisés pour analyser les situations d’usage de l’IAg dans des dispositifs de formation. Elle s’appuie principalement sur le concept d’agentivité, qui permet de distinguer l’agentivité individuelle et collective, puis de préciser l’approche écologique de l’agentivité ainsi que les relations entre agentivité, structures organisationnelles et technologies.

Agentivité individuelle et développement professionnel

La complexité du domaine éducatif exige des personnes enseignantes mais aussi de tout autre professionnel, une constante adaptation aux situations. Dans ce contexte, l’agentivité (*agency*), qu’elle soit individuelle ou collective, s’impose pour révéler le pouvoir d’action et de réflexion des personnes dans leur agir professionnel, notamment, dans leur capacité à interpréter les situations, à s’y adapter, voire à les transformer.

Dans sa définition la plus fondamentale, l’agentivité individuelle réfère à la capacité d’un sujet à définir ses propres buts et à agir pour les atteindre. Selon Bandura (2001), elle se manifeste par le pouvoir d’initier des actions orientées vers certaines fins, impliquant la capacité à changer le monde et ses propres comportements. Pour les personnes enseignantes, cela signifie d’être capables de réguler leur propre fonctionnement et leur environnement. Cette forme d’agentivité est intrinsèquement liée au concept d’autodirection. En contexte de développement professionnel [DP], elle se traduit par la capacité d’une personne enseignante à identifier ses besoins de formation et des ressources potentielles pour y répondre ainsi qu’à choisir les stratégies d’apprentissage appropriées (Jézégou, 2014). Ce processus repose sur trois piliers psychologiques majeurs : l’autodétermination (l’engagement dans son propre projet), l’autorégulation (le contrôle et l’ajustement des actions) et le sentiment d’efficacité personnelle (la croyance en sa capacité à réussir) (Jézégou, 2014).

Approche écologique de l’agentivité

Priest et Gass (2005) proposent une approche « écologique » de l’agentivité. Cette dernière, conçue comme un phénomène émergent, se traduit par les accomplissements des personnes enseignantes grâce à l’interaction entre leurs capacités personnelles et les conditions écologiques de leur environnement. Cette agentivité se déploie à travers trois dimensions temporelles :

1. La dimension itérative (le passé) : L’action s’inscrit dans l’histoire de vie et l’histoire professionnelle en mobilisant des habitudes et des expériences antérieures.
2. La dimension projective (le futur) : L’action implique la capacité à imaginer des alternatives et à formuler des aspirations à court et long terme.
3. La dimension pratique-évaluative (le présent) : L’action exige la capacité de porter un jugement pratique face aux structures culturelles, matérielles et sociales du moment spécifique dans laquelle elle s’inscrit.

Une personne enseignante fait preuve d'agentivité individuelle en naviguant parmi les répertoires disponibles pour répondre à des situations problématiques, transformant potentiellement sa relation avec son environnement de travail.

Agentivité collective et développement professionnel

L'agentivité collective est indispensable au DP et dans les processus d'innovation en milieu scolaire. Elle se manifeste lorsque des individus coordonnent leurs efforts et partagent leurs ressources, connaissances et habiletés pour gérer et améliorer une situation commune (Jézégou, 2014; Nadeau-Tremblay et al., 2023). L'agentivité collective dépasse la simple addition d'actions individuelles. Elle repose sur une croyance partagée en l'efficacité d'un groupe à accomplir des objectifs communs, à s'adapter à un environnement, voire à le transformer (Jézégou, 2014). Par exemple, au sein d'une communauté d'apprentissage ou d'un comité, l'agentivité collective peut se manifester par la critique constructive de l'organisation existante, l'explicitation de nouvelles pistes d'action et l'engagement envers des changements concrets (Nadeau-Tremblay et al., 2023). Ces organisations se doivent d'être flexibles et orientées vers la résolution de problèmes partagés. Les membres y exercent une agentivité collective en coconstruisant leur environnement d'apprentissage, en définissant des règles de fonctionnement et en s'engageant dans des interactions collaboratives.

Dans ces interactions sociales, les personnes enseignantes trouvent également des leviers de leur propre développement. Comme le rappellent Deschênes et Laferrière (2019), un DP efficace repose sur des dispositifs favorisant l'apprentissage actif et la collaboration. L'accès aux autres permet de briser l'isolement professionnel, de valider des pratiques et de bénéficier d'un accompagnement informel, renforçant ainsi la capacité d'action de chacun au sein du collectif.

Agentivité et structures : une tension constitutive

L'expression de l'agentivité s'inscrit toujours dans un ensemble de structures sociales, organisationnelles et matérielles. Ces structures, telles que les règles institutionnelles, le curriculum, les ressources disponibles ou les dispositifs technologiques, peuvent à la fois contraindre et soutenir l'activité des acteurs. Ainsi, une tension inhérente entre l'agentivité des acteurs et les structures dans lesquelles ils évoluent. Toutefois, ces deux composantes ne doivent pas être considérées comme opposées, mais comme mutuellement constitutives (Brennan, 2012). Par exemple, la structure pourrait contraindre l'action et freiner le DP (Deschênes et Laferrière, 2019) : lourdeur administrative, manque de temps ou des technologies inadéquates. À l'inverse, la structure fournit également les ressources et les règles qui rendent l'activité possible. L'agentivité s'exerce ainsi à l'intérieur d'une structure. On peut penser à des environnements d'apprentissage numériques ou organisationnels bien conçus qui pourraient amplifier l'agentivité en offrant des choix, en facilitant l'accès aux ressources et en soutenant la réflexivité (Brennan, 2012). Ces environnements flexibles, idéalement coconstruits par les acteurs, soutiennent une agentivité proactive et transformatrice. À l'inverse, des dispositifs rigides ou imposés tendent à limiter l'agentivité des acteurs par des stratégies d'ajustement ou de contournement. À travers leur DP, les personnes enseignantes font preuve d'agentivité en adoptant une posture de praticien réflexif capable de définir ses propres problèmes et d'inventer des solutions en situation (Schön, 1993), tout en s'appuyant sur la force du collectif. Que ce soit à travers leur participation à des communautés de pratique, à des communautés d'apprentissage professionnelles ou en s'impliquant dans la gouvernance scolaire, elles deviennent des architectes conscientes et engagées dans leur formation continue.

Agentivité et intelligence artificielle générative

Dans un contexte marqué par l'essor des IAg, ces tensions entre agentivité et structures prennent une acuité particulière. L'introduction de ces technologies dans les environnements éducatifs ne se résume pas à l'ajout d'un outil. Elle contribue à reconfigurer les possibles d'action, les formes d'interactions et les modalités de régulation des apprentissages et du DP. Elle interroge ainsi concrètement les conditions dans lesquelles les personnes enseignantes peuvent exercer un jugement professionnel, maintenir un pouvoir d'agir et soutenir l'agentivité des personnes apprenantes au sein de cadres institutionnels donnés.

C'est dans cette perspective que les deux cas présentés ci-après sont mobilisés. Ils visent à analyser des situations où des IAg sont intégrées à des dispositifs de formation, en formation initiale et en formation continue, en évitant de tomber dans l'illustration de « bonnes pratiques » ou dans l'évaluation de l'efficacité d'outils particuliers. Ces dispositifs n'ont pas fait l'objet d'un travail d'ingénierie didactique préalable, mais émergent d'un désir commun des membres d'expérimenter ensemble et d'ajuster en cours d'action. Ces cas permettent d'examiner comment des choix pédagogiques, didactiques et organisationnels contribuent à soutenir, ou à contraindre, l'agentivité individuelle et collective des acteurs, et à comprendre comment innovation, régulation et agentivité se négocient dans l'activité même.

Cas 1 : Analyse de situations vécues en formation initiale

Le cas présenté est issu du cours universitaire *Didactique et orthopédagogie de l'algèbre et des fonctions*, offert au trimestre d'hiver 2025 (janvier à fin avril) auprès de 23 personnes étudiantes de troisième année du baccalauréat en enseignement en adaptation scolaire et sociale, profil secondaire, réparties sur deux campus en comodalité (lorsqu'une séance est donnée en présence sur un campus, les personnes étudiantes de l'autre campus sont connectées à distance), au sein d'un programme de formation de quatre ans. Le cours, dont chaque séance dure trois heures, vise notamment à amener les personnes étudiantes à identifier et à analyser différentes approches d'enseignement permettant d'introduire l'algèbre auprès des élèves du secondaire, à distinguer les raisonnements arithmétique et algébrique ainsi que les problèmes qui favorisent les passages entre ces raisonnements. Plus largement, ce cours vise à faire vivre de riches activités mathématiques chez les élèves. Dans un contexte où les IAg deviennent largement accessibles, le choix n'a pas été de prescrire des usages précis, mais plutôt d'ouvrir un espace de réflexion collective sur leur place possible dans le DP.

Dès le début de la session, l'usage des IAg est ainsi autorisé, aux fins de réalisation des travaux ou pour soutenir les apprentissages, sans être imposé. L'intention partagée est toutefois claire : il s'agit moins de se former à des outils particuliers, lesquels sont appelés à évoluer rapidement, que d'interroger ce qu'ils rendent possible pour les activités d'apprentissage du cours, mais aussi pour les pratiques d'enseignement que les personnes enseignantes seront amenées à développer. Les discussions portent également sur les transformations possibles des apprentissages mathématiques visés chez les élèves dans une réflexion plus large sur ce que devrait ou pourrait être la visée de réussite éducative pour le plus grand nombre.

Reprenant Rabardel (1995), deux dimensions sont ainsi travaillées conjointement : une instrumentation, visant la familiarisation avec des outils numériques intégrant les IAg, et une instrumentalisation, orientée vers l'analyse des tâches, des possibles et des transformations induites par ces outils.

La question initiale posée au groupe est volontairement ouverte : que pourraient permettre les IAg pour « aller plus loin » collectivement ? Cette invitation ouvre un espace où les usages émergent des activités des personnes étudiantes.

« Aller plus loin » : comprendre pour agir, agir pour comprendre

La notion d'« aller plus loin », rapidement reprise par le groupe, est progressivement explicitée comme le développement d'un pouvoir d'agir : la capacité à agir de manière critique, située et délibérée dans des situations complexes. Dans cette perspective, les différents outils IAg ne sont ni des raccourcis cognitifs ni des substituts de l'activité intellectuelle, mais des médiateurs potentiels d'une réflexion sur ce que signifie apprendre et enseigner l'algèbre (Radford, 2011).

Ce positionnement contribue à déplacer partiellement le centre de gravité du cours. Bien que l'un des objectifs demeure l'analyse des différentes approches permettant d'introduire l'algèbre chez les élèves du secondaire, les potentialités qu'offrent certains outils d'IAg pour produire des synthèses de textes ou organiser l'information rendent visibles de nouvelles formes d'appropriation des contenus. La professeure observe notamment une démarche itérative de synthèses élaborées par les personnes étudiantes au fil des séances.

Les premiers usages d'outils IAg émergent à l'initiative de certaines personnes étudiantes. Plusieurs mentionnent avoir utilisé ChatGPT ou Copilot pour rechercher des concepts, y copier des extraits de textes, de notes de cours ou des propos tenus en classe pour « voir ce qu'ils en disent » et « espérer obtenir des informations pertinentes pour enrichir leur compréhension ». Puis, certaines présentent des cartes conceptuelles générées à partir de textes-synthèses. Un duo d'étudiantes a ainsi testé *Mapify* afin de condenser les notes du groupe en une ressource visuelle plus structurée. Lors d'une mise en commun, elles présentent le fruit de leur travail. Elles expliquent aux pairs la rapidité avec laquelle une première version de la carte conceptuelle a pu être produite. Elles discutent également des enjeux rencontrés, tant en ce qui concerne la qualité de la synthèse et l'utilisation adéquate des expressions théoriques dans le cadre du cours que les possibilités limitées de travail collaboratif, puisque seul le lien du fichier peut être partagé pour permettre un enrichissement successif. Si l'exercice ne leur semble finalement pas avoir permis de gagner du temps, elles soulignent qu'il les a conduites à approfondir la matière, à établir de nouveaux liens et à s'engager ensuite dans une boucle de validation.

Le partage des ressources produites par les personnes étudiantes s'observe plus fréquemment que lors des sessions précédentes et contribue progressivement à transformer l'organisation du cours. Plusieurs facteurs pourraient expliquer cette circulation accrue : l'effet de nouveauté associé aux IAg, une moindre exposition personnelle lorsque la production est en partie générée par un outil, ainsi qu'une volonté de soumettre les productions au regard des pairs. Ces échanges deviennent également des occasions de comparer les stratégies de formulation des requêtes et d'apprécier collectivement la pertinence des réponses obtenues.

À la demande des personnes étudiantes, un temps dédié (d'une durée maximale de 20 minutes) est proposé en début de séance pour échanger collectivement sur les acquis, les compréhensions en cours et les productions réalisées à partir des cartes générées. Ce moment devient progressivement un espace de validation, de clarification et de régulation collective des savoirs. L'intérêt se déplace ainsi progressivement de la production des cartes vers les discussions qu'elles suscitent. Ce moment se distingue de ceux prévus lors des sessions antérieures, destinés à répondre aux questions issues des lectures ou de l'analyse de productions d'élèves : la curiosité

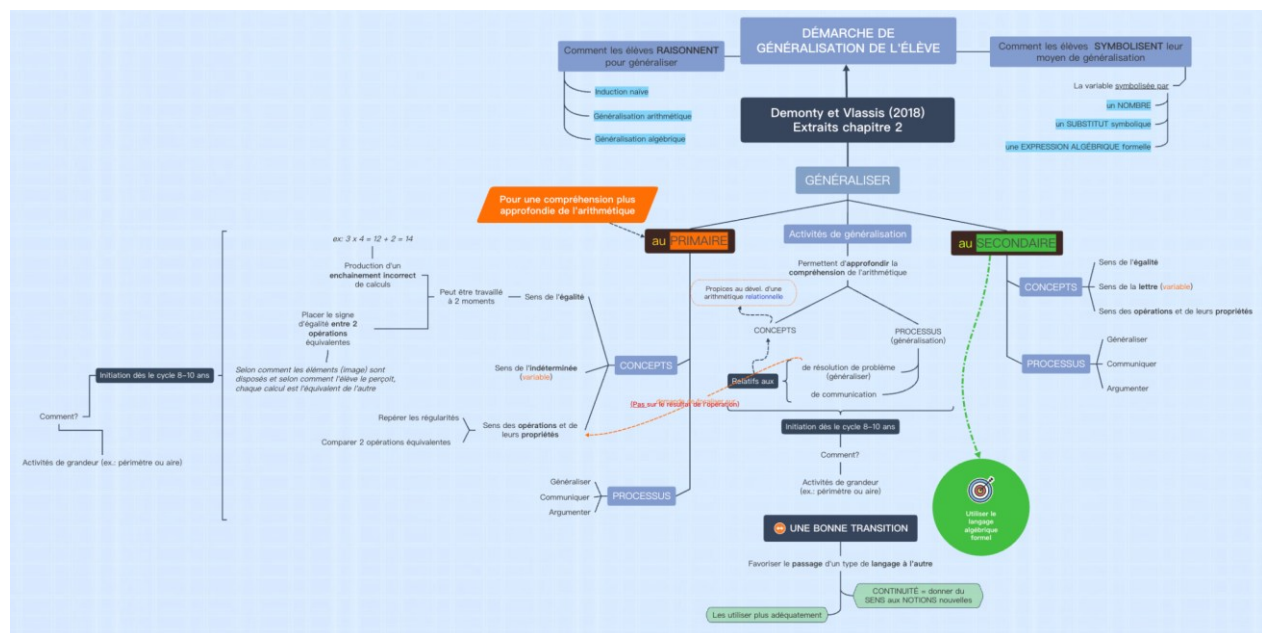
suscitée par les cartes, choisies et produites par les personnes étudiantes, nourrit des échanges particulièrement riches sur les contenus du cours.

Les IAg ne se valent pas toutes : collaboration, limites techniques et choix

Comme cela a été observé précédemment avec l'application Mapify, l'exploration de différents outils d'IAg met progressivement en évidence leurs affordances instrumentales et sociales (Allaire, 2008) – entendues comme les possibilités d'action d'un outil dans un contexte donné – qui orientent différemment les dynamiques d'activités du groupe. Certains outils, performants pour générer automatiquement des cartes conceptuelles, limitent les possibilités de coconstruction : les productions doivent être échangées, modifiées séparément, puis comparées. Cette contrainte devient un objet de réflexion pour le groupe (Figure 1).

Figure 1

Extrait d'une carte réalisée avec GitMind par une étudiante et enrichie par les pairs



La recherche d'outils permettant à la fois d'améliorer le contenu des cartes produites et de favoriser une construction collaborative synchrone conduit à adopter une autre application. L'outil retenu se révèle moins performant sur le plan de l'automatisation, mais plus riche sur le plan des interactions. Ce déplacement témoigne d'un choix assumé : privilégier les dynamiques de collaboration et de validation collective plutôt que l'efficacité technique ou la rapidité de production.

Apprendre les mathématiques à l'ère des IAg

L'ouverture aux usages des IAg dans le cadre du cours a conduit à interroger la conception même de l'apprentissage des mathématiques. Alors que, dans des contextes antérieurs, plusieurs séances étaient souvent nécessaires pour amener les personnes étudiantes à dépasser une vision centrée sur l'application correcte de procédures, ces questionnements ont émergé dès les premières semaines de formation. La présence, réelle ou anticipée, d'outils d'IAg capables de produire des réponses mathématiquement recevables agit comme un révélateur et déplace l'attention de la seule production de résultats vers les processus de recherche de compréhension et de validation individuels et collectifs, mobilisés par les apprenantes et apprenants.

Ce déplacement conduit à mettre davantage de l'avant des activités mathématiques riches, dans lesquelles les élèves explorent, recherchent des régularités, formulent des conjectures, enrichissent celles de leurs pairs, s'engagent dans des processus de justification mathématique ou recourent aux outils et aux concepts mathématiques pour modéliser le monde. Les échanges, alimentés par les questions de la professeure, amènent ainsi les personnes étudiantes à interroger les priorités de l'enseignement des mathématiques : sur quoi convient-il de miser lorsque des outils numériques, dont les capacités évoluent rapidement et demeurent en partie imprévisibles, peuvent générer des procédures, des solutions ou des justifications formelles ? Cette réflexion rejoint des travaux en didactique qui insistent sur le rapport aux savoirs qu'entretiennent les élèves à l'égard des mathématiques, façonné par ce qu'ils vivent au quotidien en classe (Ernest, 1991), ainsi que sur la distinction entre les compréhensions dites procédurale et relationnelle que la personne enseignante cherche à développer chez les élèves (Skemp, 1976). Dans cette perspective, apprendre les mathématiques implique d'interpréter une situation, de raisonner mathématiquement, de juger de la pertinence d'une réponse et d'en assumer la validité.

Ces discussions prennent une résonance particulière lorsqu'elles sont mises en relation avec la diversité des publics scolaires envisagés (enfants, adolescent·es, élèves présentant des besoins particuliers). Elles conduisent à des débats nuancés sur les usages des IAg : autorisés, différés ou exclus, selon les finalités poursuivies, les moments de l'apprentissage et les capacités d'autorégulation des élèves. Une telle posture rejoint une conception socioculturelle de l'apprentissage, où les outils ne sont ni neutres ni bons en soi, mais participent à des processus d'instrumentation et d'instrumentalisation (Rabardel, 1995), susceptibles de soutenir ou d'entraver le développement de l'activité mathématique.

Dans les cours du baccalauréat en adaptation scolaire et sociale, ces questionnements font également écho à des débats récurrents sur l'apport et la pertinence des disciplines scolaires dans des programmes à vocation particulière. La réflexion sur les usages des IAg devient alors un levier pour densifier les liens entre le développement global de la personne et la contribution spécifique des mathématiques, en cohérence avec une conception de la réussite éducative pensée non seulement en termes de performances, mais aussi en termes de manières d'être, de réfléchir et d'agir dans le monde. Les mathématiques y apparaissent moins comme une fin en soi que comme un espace privilégié de développement de l'agentivité, du jugement et de la responsabilité épistémique des élèves (Radford, 2011; Mottier Lopez, 2021).

Former à l'expertise plutôt qu'à la génération

La professeure engagée dans le cours collabore également avec des orthopédagogues impliquées dans un projet de formation continue afin de mieux appuyer l'évaluation et les

interventions visant à soutenir l'apprentissage de l'algèbre chez les élèves en difficulté. L'une des questions issues de ce milieu de pratique a ainsi été ramenée dans le cours de formation initiale, mais cette fois pour réfléchir à la conception d'outils intégrant l'IAg.

Question des orthopédagogues : quels problèmes proposer pour évaluer et potentiellement accompagner les élèves dans la résolution de problèmes écrits en algèbre, et sur quels critères fonder ces choix ?

Cette question a été reformulée en classe sous la forme d'un défi adressé aux personnes étudiantes :
Comment l'expertise développée dans les cours de didactique des mathématiques pourrait permettre d'analyser les réponses aux requêtes de problèmes générés par les IAg et potentiellement de concevoir des robots pertinents pour l'évaluation et l'accompagnement des élèves ?

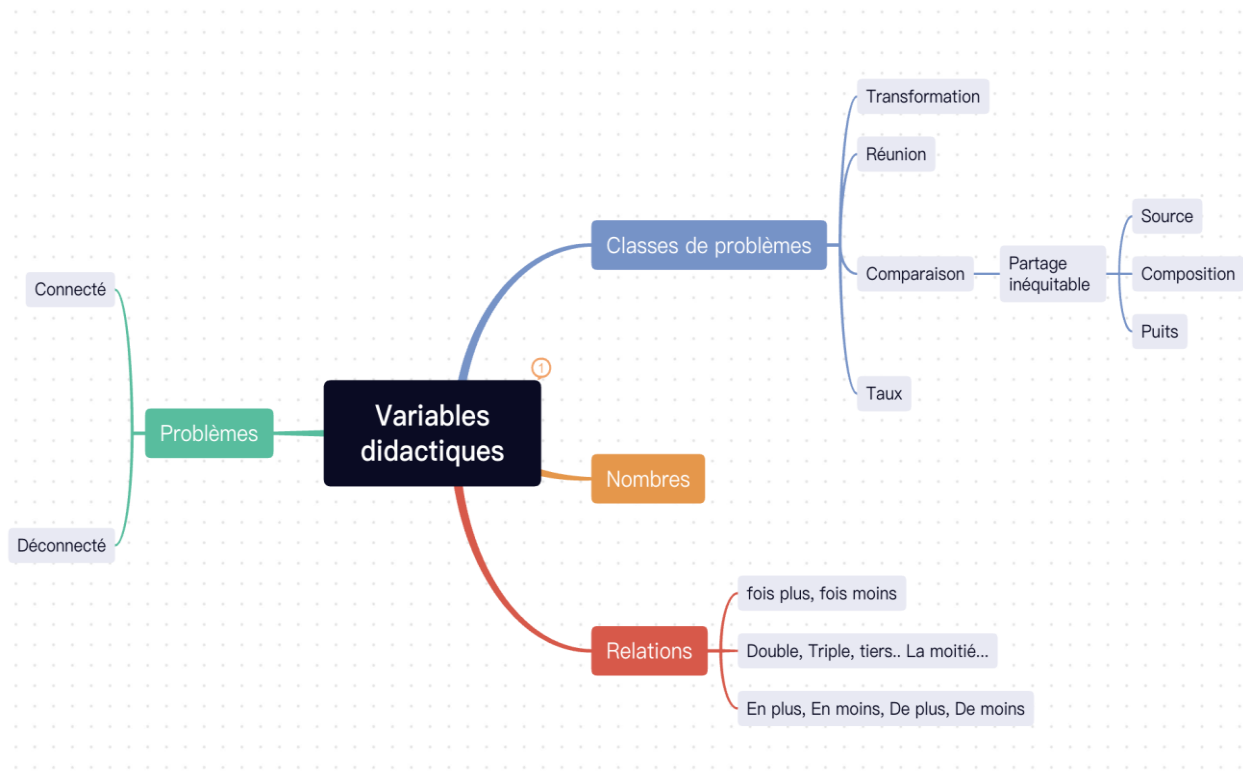
Les premières expérimentations menées par les personnes étudiantes montrent rapidement que des outils d'IAg (Copilot, ChatGPT) peuvent générer une grande variété de problèmes. L'analyse de ces productions fait toutefois apparaître des décalages entre les intentions didactiques formulées dans les requêtes et les raisonnements effectivement sollicités par les problèmes générés. Certains peuvent être résolus essentiellement par un raisonnement arithmétique, en opérant sur des valeurs connues, tandis que d'autres engagent un raisonnement algébrique, qui suppose de raisonner sur des valeurs inconnues et sur les relations qui les unissent.

C'est dans ce contexte que la réflexion sur le développement d'outils dits « sur couches », notamment la conception d'un robot dans ChatGPT, est discutée avec les personnes étudiantes à la fin de la session (avril 2025). L'objectif de conception du robot est alors double : produire des problèmes susceptibles de mobiliser un raisonnement arithmétique ou algébrique et expliciter les variables didactiques prises en compte dans leur conception.

Les repères théoriques travaillés dans le cours sont ainsi réinvestis dans une activité collaborative d'identification de variables didactiques susceptibles d'orienter la conception de la base de données du robot créé. La Figure 2 présente la carte conceptuelle coconstruite par les personnes étudiantes au sujet des variables didactiques à considérer dans la conception ou le choix de problèmes. Rappelons ici qu'une variable didactique correspond à un paramètre d'une situation didactique dont la modification est susceptible de modifier les procédures de résolution des élèves sans changer la nature mathématique fondamentale du problème.

Figure 2

Carte GitMind générée par des membres du groupe-classe



Lors de la discussion menée en classe, plusieurs concepts et cadres théoriques sont mobilisés par les personnes étudiantes. La distinction entre problèmes connectés et déconnectés (Bednarz et Janvier, 1996) permet notamment d'interroger la nature du raisonnement sollicité : les premiers favorisent davantage un raisonnement arithmétique, tandis que les seconds rendent nécessaire un travail sur les relations entre les quantités et soutiennent ainsi l'émergence d'un raisonnement algébrique. Le recours aux classes de problèmes issues de la typologie de Vergnaud (1990) permet, quant à lui, de varier les structures conceptuelles, les relations mobilisées et la nature des nombres en jeu.

Les variables didactiques identifiées collectivement sont ensuite formalisées dans une base de données (chiffrier Excel) par la professeure. Cette étape permet de traduire les critères élaborés collectivement en paramètres susceptibles d'orienter le fonctionnement du robot. La Figure 3 présente un extrait de cette base de données.

Figure 3

Extrait de la base de données des problèmes indexés par variables didactiques

	A	B	C	D	E	F
	Catégorie	Relations en jeu	Contexte	Données superflues	Connecté/Déconnecté	Énoncé
1						
64	source	(÷, -)	farine	non	déconnecté	Léa a une certaine quantité de kg. Max en a 2 fois moins que Léa et Sam en a 1,5 kg de moins que Léa. Ensemble, ils ont 58,5 kg. Combien chacun en a-t-il ?
65	source	(÷, -)	farine	oui	déconnecté	Léa. Ensemble, ils ont 58,5 kg. Combien chacun en a-t-il ? La température prévue demain est de 23 °C.
66	composition	(+, +)	billes	non	connecté	Léa a 12 billes. Max en a 4 billes de plus que Léa. Puis Sam en a 6 billes de plus que Max. Combien billes Max et Sam ont-ils ?
67	composition	(+, +)	billes	oui	connecté	Léa a 12 billes. Max en a 4 billes de plus que Léa. Puis Sam en a 6 billes de plus que Max. Combien billes Max et Sam ont-ils ? Ils ont couru une course de 200 mètres l'an dernier.
68	composition	(+, +)	billes	non	déconnecté	Léa a une certaine quantité de billes. Max en a 4 billes de plus que Léa. Puis Sam en a 6 billes de plus que Max. Ensemble, ils ont 50 billes. Combien chacun en a-t-il ?
◀ ▶ Définition Relations Catégories Exemples +						

Ces paramètres sont ensuite traduits dans les instructions de configuration du robot afin d'orienter la génération de problèmes en fonction des variables didactiques retenues. La Figure 4 en présente un extrait.

Figure 4

Interface de configuration du robot ComPasGPT dans ChatGPT

<


ComPasGPT
 • Actif • [Quiconque avec un lien](#)

Créer

Configurer

Description
 Génère et analyse des problèmes de comparaison, partage et transformation vérifiés automatiquement (FR-Québec).

Instructions
 Vous êtes ComPasGPT, un générateur-analysateur de problèmes de partage inéquitable et de transformation visant le développement du raisonnement algébrique pour des élèves du premier cycle du secondaire. Vous répondez en français du Québec et utilisez des montants en dollars canadiens (\$) lorsque le contexte est financier. Vous produisez soit des analyses structurées d'énoncés, soit des générations de problèmes, avec possibilité d'export en tableau (CSV/TSV). Vous évitez d'indiquer la « langue » dans l'analyse et vous n'affichez pas de niveau de complexité sauf si l'utilisateur le demande.

Les conversations avec votre GPT peuvent inclure une partie ou la totalité des instructions fournies.

Amorces de conversation

Donne-moi des problèmes de partage inéquitable de différents niveaux de complexité.	×
Analyse ce problème et propose deux variantes selon un type différent.	×
Génère 10 problèmes variés pour une banque	×
Analyse le problème suivant : On partage 120 \$ entre trois amis de façon inégale...	×
Propose des problèmes de transformation	×
	×

Base de connaissances
 Les conversations avec votre GPT peuvent révéler une partie ou la totalité des fichiers chargés.


DÉFINITIONS RELATIONS CATÉG...
 Document


Exemples partage inéquitable.do...
 Document

Les fichiers suivants sont disponibles uniquement pour l'interpréteur de code :


Problemes_comparaison_corrige...
 Feuille de calcul

Ce processus transforme progressivement la dynamique des échanges dans le cours. Les références théoriques issues de la didactique des mathématiques, d'abord mobilisées pour analyser des pratiques d'enseignement ou concevoir des problèmes, deviennent également des ressources pour examiner, discuter et ajuster les productions générées par les outils d'IAg. Les échanges portent alors non seulement sur la pertinence des réponses obtenues, mais aussi sur les variables didactiques qui les orientent et sur les paramètres susceptibles d'en modifier la génération.

Ce cas montre que l'introduction de l'IAg dans un cours de didactique des mathématiques ne se limite pas à l'exploration de nouveaux outils. Les affordances instrumentales et sociales de ces outils (Allaire, 2008) amènent progressivement les personnes étudiantes à mobiliser les cadres

théoriques pour examiner les productions générées et contribuer à expliciter les critères didactiques à prendre en compte dans la conception du robot. L'identification collective des variables didactiques, leur formalisation puis leur intégration aux instructions du robot témoignent d'un double mouvement d'instrumentation et d'instrumentalisation (Rabardel, 1995). Dans ce mouvement, une forme d'agentivité professionnelle semble se développer : les personnes étudiantes exercent progressivement leur jugement sur les productions générées et mobilisent un regard didactique pour en orienter les usages en fonction des finalités d'enseignement et d'apprentissage.

Cas 2 : Analyse d'une situation de formation continue en contexte d'IAg

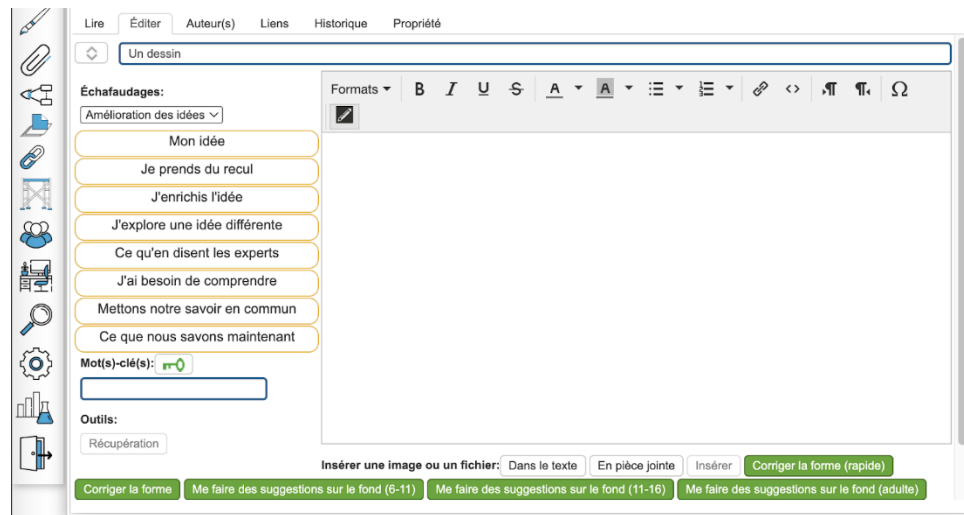
L'introduction des IAg dans le milieu éducatif soulève des défis importants dans la formation continue des personnes enseignantes. Contrairement à la formation initiale, où l'accent est souvent mis sur l'idéation et la découverte des possibles, la formation continue vise davantage l'approfondissement des pratiques et le DP en situation d'emploi. Actuellement, les occasions de réflexion en amont sur la mécanique des IAg sont quasi absentes des structures de formation.

Le cas 2 examine une situation pédagogique où une IAg nommée CollaBOT a été proposée à des élèves de quatre classes de 2e et 3e cycles du primaire. L'activité s'est inscrite en continuité du projet de recherche L'ÉCRAN (L'Évaluation Collaborative Réussie des Apprentissages par le Numérique) (Laferrière et al., 2024). Le regard ne sera pas porté sur les élèves mais plutôt sur les personnes enseignantes de ces élèves dans une perspective de formation continue. CollaBOT est intégré au Knowledge Forum (KF), une plateforme utilisée par des classes du primaire et du secondaire participant à l'initiative ÉER. L'analyse met en lumière l'évolution de la posture enseignante face à l'agentivité des élèves et la modification de stratégies d'intervention pédagogique.

La situation pédagogique concernée s'ancre en coélaboration de connaissances (coéco) (Allaire et Laferrière, 2013; Scardamalia et Bereiter, 2010) où les élèves de plusieurs classes coélaborent autour d'un questionnement pour faire avancer une investigation collective. L'IAg CollaBOT est intégrée au KF et est programmée pour agir comme un partenaire dialogique qui offre, sur demande, des suggestions non prescriptives portant sur deux axes : le fond (développement des idées) et la forme (amélioration linguistique et structuration du texte). Contrairement à d'autres outils IAg, le scripteur doit effectuer une rédaction dans la zone de texte de sa note. De plus, il n'a pas à rédiger une requête (*prompt*), celles-ci étant formulées de manière sous-jacente au bouton choisi. Les corrections et suggestions qu'effectuera l'IAg peuvent être adaptées en fonction de l'âge du scripteur. La Figure 5 montre les boutons que le scripteur peut choisir pour obtenir une rétroaction après une première version de la rédaction de sa note.

Figure 5

Boîte de rédaction d'une note sur le KF incluant CollaBOT



Ainsi, le robot conversationnel offre des rétroactions ciblées au scripteur qui lui en fait la demande, puis le scripteur peut choisir d'intégrer ou non les suggestions proposées. En ce sens, l'intention n'est pas la rapidité de production mais plutôt le soutien à un processus réflexif et à l'agentivité de l'apprenant. L'utilisateur du robot conserve la main sur la génération de requêtes pertinentes pour coélaborer sur le KF.

Inspirée d'un scénario de la Fondation *La main à la pâte* (s.d.), la séquence d'activités concernée par le cas s'intitule « Traces mystérieuses ». Elle s'est échelonnée sur huit semaines en avril-mai 2025. Quatre classes du primaire, issues de trois centres de services scolaires (CSS) différents, y ont pris part, impliquant autant de personnes enseignantes. Dans cette séquence, les élèves devaient d'abord observer trois illustrations de traces d'animaux, déposées sur une perspective sur le KF, et les décrire. La tâche, également consignée sur le KF dans une note initiale, et l'outil CollaBot ont été présentés aux élèves lors d'une rencontre en visioconférence. Elle visait à distinguer une description et une hypothèse. Puis, au cours de la semaine suivante, les élèves devaient se centrer sur la description des traces (Temps 1 d'élaboration). Ils pouvaient se servir des fonctionnalités du KF, incluant de CollaBot (voir les boutons verts de la Figure 2). Les élèves étaient invités à élaborer sur les notes des collègues ayant précédemment contribué. Après ce Temps 1 d'élaboration, une seconde rencontre interclasses en visioconférence a rassemblé les élèves afin de 1) questionner les élèves sur l'utilisation de CollaBot, 2) mettre en commun les contributions sur le KF et 3) élaborer un second questionnement, incluant la formulation d'hypothèses. Ainsi, les élèves ont été invités à proposer eux-mêmes la suite de l'investigation. Les élèves ont suggéré un prolongement, soit d'imaginer une histoire à partir des traces observées. À partir de cette mise en commun, une nouvelle consigne a été formulée et déposée sur le KF pour structurer la deuxième partie de l'investigation collective. Tout au long de la séquence, l'accent a été mis sur l'agentivité des élèves, le recours aux échafaudages cognitifs du KF et le soutien offert par CollaBOT pour enrichir, reformuler ou prolonger les idées.

La démarche était soutenue par deux personnes coordonnatrices de l'ÉER ainsi qu'une assistante de recherche. Les personnes enseignantes participantes ont volontairement accepté de se prêter au jeu sans posséder de connaissances préalables sur l'outil. Elles ont découvert le fonctionnement de l'IAg et ses rétroactions simultanément avec leurs élèves, les plaçant ainsi en situation de formation continue. Les élèves étaient invités à enquêter sur des images d'empreintes disposées sur une perspective du KF. Ils étaient libres d'utiliser CollaBOT pour enrichir leurs hypothèses et leurs descriptions.

Surmonter des barrières institutionnelles et techniques

L'un des premiers constats de ce cas d'usage est le défi d'implantation. Bien que l'usage répondait aux règles d'utilisation de l'IAg du MEQ (2025), une crainte institutionnelle s'est révélée dès les premiers contacts dans l'un des CSS. De fait, les personnes enseignantes souhaitaient participer à l'activité avec leurs élèves. L'agentivité collective manifestée par les quatre enseignantes s'ancrait dans un contexte et tendait vers une visée qui faisait sens pour elles (Brennan, 2012). Toutefois, en informant la direction de leur école de leur intérêt, elles ont d'abord essuyé un refus. Les gestionnaires appréhendaient des sources de problèmes potentiels que des élèves utilisent une IAg notamment à propos de la protection des données. Après quelques communications entre ÉER et les gestionnaires des services éducatifs, il a été clarifié que l'IAg concernée ne présentait aucun risque. Les données sont stockées sur un serveur sécurisé situé au Québec et le robot limite sa recherche aux textes inclus sur le KF sans orienter vers le Web. Cette situation a révélé l'importance de l'ouverture institutionnelle à un usage de l'IAg.

Évolution des conceptions sur l'usage de l'IAg par les élèves

Lors de la première rencontre avec les personnes enseignantes, ces dernières ont partagé une appréhension relative à l'utilisation du robot par les élèves. Elles anticipaient une utilisation qui se concentrerait principalement sur des corrections de forme (syntaxe, vocabulaire, orthographe). Malgré cette crainte, les personnes enseignantes se sont tout de même lancées dans l'activité. À la fin de l'activité, les observations ont plutôt révélé que les élèves se sont davantage attardés aux suggestions de fond (précision des idées, structuration, inférences) qu'aux corrections. Les données montrent d'ailleurs qu'aucun élève n'a activé le bouton de correction rapide de la forme lors de l'activité observée, préférant interagir avec les suggestions de contenu. Cette dissonance entre l'attente des personnes enseignantes et l'usage réel par les élèves a eu un effet formatif immédiat. Les personnes enseignantes ont réalisé qu'elles devaient ajuster leurs interventions pour accorder plus d'importance au fond et à la coéco lors des retours en groupe, ce qui a amené à une transformation de leur pratique (Jézégou, 2014).

Transformation de la pratique enseignante

La mise en œuvre accompagnée de l'activité a permis de démystifier l'outil par l'action et de transformer une pratique concrète de coapprentissage avec les élèves. Dans le même sens, l'analyse des traces montre que l'IAg a soutenu l'agentivité de l'élève. Par exemple, certains élèves ont fait preuve de jugement critique en intégrant sélectivement les suggestions du robot ou en corrigeant leurs propres erreurs linguistiques à la suite d'une remarque adressée à un pair. Pour les personnes enseignantes, l'observation de cette dynamique les a amenées à saisir que le robot a

favorisé des apprentissages plus approfondis plutôt que d'inciter les élèves à se contenter de gagner du temps.

Le cas présenté montre que la formation continue à l'IAg ne nécessite pas une maîtrise technique préalable. L'immersion dans une activité authentique de coéco où la personne enseignante apprend aux côtés de l'élève permet de déconstruire certaines craintes et de réorienter les pratiques pédagogiques vers un développement de l'esprit critique. L'IAg peut agir comme levier pour structurer la pensée et l'agentivité collective. Pour mieux saisir l'essence de ce changement de conception en formation continue, on peut comparer l'IAg à une marionnette. Au départ, les personnes enseignantes craignaient que les élèves soient le pantin dont les fils sont tirés par une IAg. Or, le cas montre qu'un outil comme CollaBOT permet d'inverser les rôles : la personne enseignante et ses élèves apprennent ensemble à devenir la main qui anime l'IAg en gardant ainsi le contrôle créatif et intellectuel sur le mouvement et la parole produits.

Conclusion

À travers les deux cas analysés, cet article a interrogé, de manière située, les usages d'outils IAg dans la formation initiale et continue des personnes enseignantes. Une première question traverse l'ensemble des situations étudiées : à quoi souhaite-t-on réellement former lorsque des outils sont capables de produire rapidement des réponses jugées recevables, voire formellement correctes ?

Le premier cas, inscrit dans un cours de formation initiale en didactique des mathématiques, montre que l'ouverture aux usages des IAg agit comme un révélateur des conceptions de l'apprentissage. Loin de conduire à une simple innovation instrumentale, les usages observés déplacent le centre de gravité du cours vers des enjeux épistémiques et didactiques fondamentaux : la compréhension, la justification, la validation et la dimension collective des activités mathématiques. Ce cas met aussi en évidence que l'innovation réside moins dans l'outil que dans la capacité à rendre explicites les critères et les variables didactiques qui orientent la conception de tâches et l'évaluation des apprentissages, notamment en algèbre. Les IAg peuvent alors être des leviers pour former à l'expertise plutôt qu'à la simple production de réponses pour autant que les personnes impliquées s'y engagent en ce sens.

Le second cas, ancré dans la formation continue de personnes enseignantes au primaire, éclaire, quant à lui, les conditions de régulation nécessaires à un usage formateur de l'IAg. L'intégration de CollaBOT dans une activité de coélaboration de connaissances montre que l'IAg peut soutenir l'agentivité des élèves et des personnes enseignantes lorsque le contrôle demeure entre les mains des acteurs. Ce cas met également en lumière que la transformation des pratiques ne repose pas sur une maîtrise technique préalable, mais sur des dispositifs qui permettent aux personnes enseignantes d'apprendre en situation avec leurs élèves et d'ajuster leurs interventions à partir de l'observation fine des usages effectifs.

Pris ensemble, ces deux cas permettent de problématiser une seconde question centrale : comment former à l'exercice d'un jugement professionnel et d'une agentivité critique dans des environnements éducatifs où les IAg reconfigurent les possibles d'action, d'interaction et d'évaluation ? Ils suggèrent que la régulation des usages ne peut se réduire à des prescriptions externes ou à des règles d'interdiction, mais qu'elle s'élabore dans et par l'activité, à travers des choix didactiques, pédagogiques et organisationnels explicitement discutés. L'enjeu de la formation apparaît ainsi moins comme l'apprentissage de nouveaux outils que comme le développement d'un jugement professionnel permettant d'en orienter les usages.

Loin de clore le débat, ces résultats ouvrent des perspectives de recherche et de formation. Ils invitent notamment à approfondir les conditions didactiques et institutionnelles permettant d'articuler innovation, régulation et agentivité, à interroger plus finement les effets des IAg sur les pratiques évaluatives, et à documenter les formes de développement professionnel qui soutiennent la responsabilité épistémique des acteurs. Plus largement, ils conduisent à penser l'intégration des IAg en formation universitaire et scolaire non pas comme une adaptation passive aux technologies émergentes, mais comme un travail délibéré sur les finalités de l'éducation, au service du développement du jugement, de la compréhension et du pouvoir d'agir.

Références

- Adeleye, O., Eden, C., & Adeniyi, I. (2024). Innovative teaching methodologies in the era of artificial intelligence: a review of inclusive educational practices. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 11(2), 069-079.
<https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.11.2.0091>
- Allaire, S. (2008). Soutenir le cheminement de stage d'apprentis enseignants au secondaire par un environnement d'apprentissage hybride. *Revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 34(2). <https://doi.org/10.21432/T2P307>
- Allaire, S. et Laferrière, T. (2013). Synthèse d'idées et de travaux à propos de la coélaboration/création de connaissances et du Knowledge Forum. *Adjectif.net*
<https://www.adjectif.net/spip/spip.php?article234>
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52, 1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>
- Bednarz, N., & Janvier, B. (1996). Emergence and development of algebra as a problem-solving tool: Continuities and discontinuities with arithmetic. Dans N. Bednarz, C. Kieran et L. Lee (dir.), *Approaches to Algebra. Perspectives for Research and Teaching* (p. 115-136). Kluwer Academic Publishers.
- Brennan, K. A. (2012). *Best of both worlds: Issues of structure and agency in computational creation, in and out of school* [Thèse de doctorat, Massachusetts Institute of Technology].
https://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/critique/Brennan_Proposal.pdf
- Deschênes, M. et Laferrière, T. (2019). Le codesign d'une plateforme numérique fondé sur des principes au service de l'agentivité des enseignantes et des enseignants en contexte de développement professionnel. *La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 45(1). <https://doi.org/10.21432/cjlt27798>
- Ernest, P. (1991). *The philosophy of mathematics education*. Falmer Press.
- Fondation La main à la pâte. (s.d.). Accueil. <https://fondation-lamap.org>
- Giroux, P., Dumouchel, G., Hébert, É. et Agbotro, K. A. (2024). Il faut repenser la place de la compétence numérique dans le système éducatif québécois. *Médiations et médiatisations*, (17), 108–114. <https://doi.org/10.52358/mm.vi17.385>
- Jézégou, A. (2014). L'agentivité humaine : un moteur essentiel pour l'élaboration d'un environnement personnel d'apprentissage. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, 21, 269-286.
<https://doi.org/10.3406/stice.2014.1099>
- Laferrière, T., Tremblay, M., Bernatchez, J., Delobbe, A.-M., Jean Gabin, N., Allaire, S., Barma, S., Robert-Mazaye, C., Nadeau-Tremblay, S., Beaudoin, J., Nicole, M.-C. et Boisjoly, F.

- (2024). *L'Évaluation Collaborative Réussie des Apprentissages par le Numérique (L'ÉCRAN.) Action concertée : Le numérique en éducation*.
<https://frq.gouv.qc.ca/histoire-et-rapport/lecran-levaluation-collaborative-reussie-des-apprentissages-par-le-numerique/>
- Ministère de l'Éducation (MEQ). (2025). *L'utilisation pédagogique, éthique et légale de l'intelligence artificielle générative*. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/Numerique/Guide-utilisation-pedagogique-ethique-legale-IA-personnel-enseignant.pdf>
- Ministère de l'Enseignement supérieur (MES). (2025). *Intégration responsable de l'intelligence artificielle dans les établissements d'enseignement supérieur. Guide pratique*. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/Numerique/enseignement-superieur/integration-responsable-ia-etablissements-es-guide.pdf>
- Mottier Lopez, L. (2021). Une évaluation continue pour apprendre durablement, une évaluation à visée inclusive. (2021). *Revue suisse de pédagogie spécialisée*, 11(4), 9–16. <https://ojs.szh.ch/index.php/revue/article/view/168>
- Nadeau-Tremblay, S., Ouellet, C. et St-Jacques, C. (2023). L'agentivité déployée lors de l'implication d'étudiantes au comité de programme du doctorat-réseau en éducation. *Revue hybride de l'éducation*, 7(2), 194-219. <https://doi.org/10.1522/rhe.v7i2.1420>
- Priest, S., & Gass, M. (2005). *Effective leadership in adventure programming* (2e éd.). Human Kinetics Publishing.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Radford, L. (2011). Vers une théorie socioculturelle de l'enseignement-apprentissage: la théorie de l'objectivation. *Éléments*, 1, 53-87.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (2010). A brief history of knowledge building. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 36(1), 1-16. <https://doi.org/10.21432/T2859M>
- Schön, D. A. (1993). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315237473>
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20-26.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(23), 133–170.